3 3433 06272914 4

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

VERDAM
3 VFC

Digitized by Google

Uebersicht der ersten 66 Bände vom Schauplatz der Künste und Handwerke.

1r Bd. Eupels Conditor 1 Rthl. — 2r Bd. Thons Kunst, Bücher zu binden, 3te Aufl. 1 Rthl. — 3r Bd. Thons Holzbeizkunst und Holzfärberei 1 Rthl. — 4r Bd. Kunst des Seifensiedens und Lichtziehens 16 gGr. — 5r Bd. Stöckels Tischlerkunst 1 Rthl. 12 gGr. — 6r Bd. Vitalis Färbekunst, 2. Aufl. 1 Rthl. 12 gGr. — 7r Bd. Woltersdorfs Kunst des Bäckers 1 Rthl. 18 gGr. — 8r Bd. Schulze's Gold- und Silberarbeiter 1 Rthl. 8 gGr. — 9r Bd. Heyders Kleidermacherkunst 1 Rthl. — 10r Bd. Watins Staffirmaler 1 Rthl. — 11r Bd. Der Schuh- und Stiefelmacher 18 gGr. — 12r Bd. Thons Fleischerhandwerk 16 gGr. — 13r Bd. Huths Kochkunst 20 gGr. — 14r Bd. Thons Lackirkunst 4te Aufl. 2 Rthl. — 15r Bd. Thons Drehkunst 1 Rthl. 12 gGr. — 16r Bd. Der Parfümeur oder Anweisung, alle Arten von Parfüms zu verfertigen 16 gGr. — 17r Bd. Morgensterns Ledergerberei 18 gGr. — 18r Bd. Thons Gebäudemaler u. Decorateur 1 Rthl. — 19r Bd. Wölfers Treppenbau, 2te Aufl. 8 gGr. — 20r Bd. Servière's Bierbrauerei und Bierkellereiwirthschaft 12 gGr. — 21r Bd. Riffaults Handbuch der Färberei 16 gGr. — 22r und 23r Bd. Matthaey's praktisches Handbuch für Maurer u. Steinhauer. 2 Bde. mit schwarzen Kpfrn. 2 Rthl. 18 gGr., mit illuminirten Kpfrn. 5 Rthl. — 24r Bd. Schedels Destillirkunst u. Likörfabrikation, 2te Aufl. 12 gGr. — 25r Bd. Thons Fabrikant bunter Papiere, 2te Aufl. 1 Rthl. — 26r Bd. Matthaey's Stein- u. Dammsetzer 1 Rthl. 8 gGr. — 27r Bd. Schulze's praktischer Unterricht in dem Bau der Reitsättel und Kummte. 18 gGr. — 28r Bd. Wölfers Kalk- und Gypsbrennerei 18 gGr. — 29r Bd. Servière's theoretisch-praktische Lehre von der Cultur ꝛc. der Weine 18 gGr. — 30r Bd. Auchs Handbuch für Landuhrmacher 1 Rthl. 8 gGr. — 31r Bd. Höcks Beschreibung der Nadler-, Drahtzieher-, Kardätschenmacher-, Roth- und Gelbgießerarbeiten 12 gGr. — 32r Bd. J. G. Beumenbergers vollkommener Juwelier 18 gGr. — 33r Bd. Fontenelle's Handbuch der Essig- u. Senfbereitung 20 gGr. — 34r Bd. P. Schallers wohlunterrichteter Ziegler 1 Rthl. 6 gGr. — 35r Bd. G. P. F. Thons wohlunterrichteter Wachsfabrikant u. Wachszieher 1 Rthl. — 36r Bd. Julia Fontenelle's theoretisch-praktisches Handbuch der Oelbereitung u. Oelreinigung 1 Rthl. 6 gGr. — 37r Bd. G. A. Wettengels Geigen- u. Bogenmacherkunst 2 Rthl. 12 gGr. — 38r Bd. C. Pilzeckers Hutmacherkunst 18 gGr. — 39r Bd. F. C. A. Bergmanns Stärke- und Puderfabrikation 18 gGr. — 40r Bd. Peclets Kunst der Gebäude-, Zimmer- u. Straßenerleuchtung 1 Rthl. 12 gGr. — 41r Bd. Leischner's vollkommene Linirkunst 18 gGr. — 42r Bd. Das Haar als Schmuck, od. Handbuch d. Frisirkunst 12 gGr. — 43r Bd. Peschecks Ganze des Steindrucks 16 gGr. — 44r Bd. Haumanns Ganze des Seidenbaues 1 Rthl. — 45r Bd. Der Brunnen-, Röhren-, Pumpen- u. Spritzenmeister u. Bleiarbeiter 1 Rthl. — 46r Bd. Stratingh über Bereitung, Verbindung u. Anwendung des Chlors 1 Rthl. 12 gGr. — 47r—49r Bd. Theoretisch-praktisches Handbuch für Zimmerleute in allen ihren wesentlichen Verrichtungen, 3 Theile von Matthaey 5 Rthl. — 50r Bd. Petri, theoretisch-praktisches Handbuch der Schlosserkunst 1 Rthl. — 51r Bd. Matthaey, der Ofenbaumeister u. Feuermechanist 1 Rthl. 6 gGr. — 52r Bd. Matthaey, Kunst des Bildhauers in allen ihren Theilen 1 Rthl. 12 gGr. — 53r Bd. Lebrun, vollständiges Handbuch für Klempner u. Lampenfabrikanten 1 Rthl. 4 gGr. — 54r Bd. Doct. Th. Thon. Lehrbuch der Kupferstecherkunst, der Kunst in Stahl zu stechen und in Holz zu schneiden 1 Rthl. 12 gGr. — 55r Bd. Doct. Th. Thon, Lehrbuch der Reißkunst 1 Rthl. 12 gGr. — 56r Bd. G. Frick, die Kunst, weißes Steingut mit durchsichtiger Glasur nach Art der Franzosen u. Engländer anzufertigen 2 Rthl. — 57r u. 58r Bd. Vollständiges, theoretisch-praktisches Handbuch der Mühlenbaukunst, von Doct. W. Weinholz 6 Rthl. — 59r Bd. C. F. Leischner, vollständig theoretisch-praktische Anleitung zur geschmackvollen und eleganten Verfertigung aller Arten Papparbeiten. 1 Rthl. — 60r Bd. Thons gründliche u. vollständige Anleitung, alle Arten Meerschaumpfeifenköpfe zu verfertigen. 18 gGr. — 61r Bd. Der vollkommene Dachdecker von C. L. Matthaey. 1 Rthl. 12 gGr. — 63r Bd. Bürck, Handbuch für Juweliere, Goldarbeiter ꝛc. — 64r Bd. Lebrun, Handbuch für Riemer und Sattler. — 66r Bd. Verdam, angewandte Werkzeugswissenschaft und Mechanik. 1r Theil 1 Rthlr. 12 gGr.

Digitized by Google

Neuer Schauplatz der Künste und Handwerke.

Mit Berücksichtigung der neuesten Erfindungen.

Herausgegeben von einer Gesellschaft von Künstlern, Technologen und Professionisten.

Mit vielen Abbildungen.

Sieben und sechzigster Band.

G. J. Verdam's Grundsätze der angewandten Werkzeugswissenschaft und Mechanik.

Weimar und Ilmenau, 1835.
Druck und Verlag von Bernh. Friedr. Voigt.

Digitized by Google

Grundsätze
der angewandten
Werkzeugswissenschaft und Mechanik
oder
allgemeine Grundregeln, nach welchen alle Gattungen von Werkzeugen und Maschinen nach den Erfordernissen des praktischen Betriebes zusammengesetzt und angewandt werden.

Ein
populäres Hand- und Lehrbuch
für
ausübende Maschinenbaumeister und Gewerbsschulen.

In vier Theilen.

Zweiten Theiles
erste und zweite Abtheilung,
enthaltend die Grundsätze für die Anwendung von Räderwerken und für mechanische Zusammensetzungen bei der Einrichtung und Erbauung von Maschinen.

Von
G. J. Verdam,
vormal. Professor der praktischen Mechanik und Direktor der Schule zu Gravenhage.

Aus dem Holländischen übersetzt
von
Dr. Christ. Heinr. Schmidt.

Mit zwölf Foliotafeln.

Vol 2

Weimar und Ilmenau, 1835.
Druck, Verlag und Lithographie von B. Fr. Voigt.

ASTOR LIBRARY NEW-YORK

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhalt.

Zweiten Theiles erste Abtheilung.

Ueber das Räderwerk, dessen Wirkung, Construction u. s. w.

Erstes Kapitel.

Zweites Kapitel.

Digitized by Google

Digitized by Google

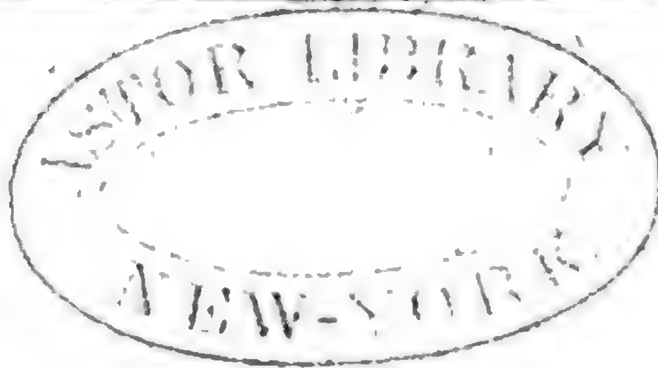
Zweites Kapitel.

Ueber die verschiedenen Methoden, um aus den geradlinigen und kreisförmigen Bewegungen abwechselnde geradlinige und abwechselnde kreisförmige Bewegungen abzuleiten.

Drittes Kapitel.

Ueber die verschiedenen Mittel, um aus der abwechselnden geradlinigen und aus der abwechselnden kreisförmigen Bewegung fortdauernd geradlinige und kreisförmige Bewegungen entstehen zu lassen.

Digitized by Google


ASTOR LIBRARY NEW-YORK

Grundsätze der angewandten Werkzeugswissenschaft.

Zweiten Theiles erste Abtheilung,

über das Räderwerk, dessen Wirkung, Construction u. s. w.

Erstes Kapitel.

Entwickelung der Grundsätze, auf welche sich die Wirkung, die Einrichtung, die Anbringung ꝛc. der gezahnten Räder stützt.

§. I.

Einleitung über das Räderwerk im Allgemeinen.

1) Die Grundsätze der angewandten Werkzeugswissenschaft, welche im ersten Theile dieses Lehrbuches abgehandelt worden sind, besonders aber die Grundsätze des Gleichgewichtes und der Bewegung der einfachen Werkzeuge, machen denjenigen Theil der Wissenschaft aus, durch welchen man in den Stand gesetzt wird, das Kraftvermögen oder die

Wirkung jedes Werkzeuges zu beurtheilen, sobald der Effect oder das richtige Maaß der wirkenden Kraft bekannt ist; denn wenn auch irgend ein Theil eines Werkzeuges nicht gerade unter der Gestalt eines Hebels, oder eines Haspels, oder einer schiefen Fläche u. s. w. vorkommt, so wie man sich dieselbe bei einer allgemeinen Betrachtung zur Vereinfachung des Gegenstandes vorzustellen pflegt, so giebt es doch kein einziges Werkzeug, dessen einzelne Theile nicht, sobald sie in Wirksamkeit treten, mit den bereits abgehandelten einfachen Werkzeugen vollkommen übereinstimmten. Aber es ist nicht genug, daß man aus der Größe des Drucks und der Geschwindigkeit der wirkenden Kraft, so wie aus den Dimensionen der einzelnen Theile eines Werkzeuges auszumitreln im Stande ist, wie groß der Effect desselben sey, oder worin die Leistung besteht, die dasselbe zu gewähren vermag, sondern man muß auch im Stande seyn, um die Einrichtung einer Maschine nach ihrem innern Werthe beurtheilen zu können, das Fehlerhafte zu verbessern und das Complicirte, so viel die Hülfsmittel der Kunst es zulassen, zu vereinfachen u. s. w. Die dahin einschlägigen Grundsätze machen den zweiten Theil der angewandten Werkzeugswissenschaft aus, der nicht minder wichtig ist, als der bereits abgehandelte, wiewohl im Allgemeinen eine ordentliche Ausübung desselben zu häufig vernachlässigt wird.

Bei der Beurtheilung, bei der Aufstellung, bei der Einrichtung, bei der Erfindung u. s. w. einer jeden Maschine hat man immer drei Hauptdinge zu beachten, welche in der Beschaffenheit der Sache liegen, nämlich:

1) den Effect oder die Leistung, welche die Maschine gewähren soll;

2) die Quantität und die Wirkungsart der Kraft, von welcher die Maschine in Bewegung gesetzt werden soll;

3) die zweckmäßigste Einrichtung der Maschine selbst.

Die Maschine, als ein zwischen Kraft und Last gelegener Theil betrachtet, hängt deshalb, sowohl hinsichtlich ihrer Form, als ihrer Größe von der Qualität und Quantität der Kraft und der Last ganz besonders ab. Aus dem, was die Kraft verrichten kann, aus der Beschaffenheit der Arbeit und auch aus der Art und Weise, wie die Arbeit, die hier als Last zu betrachten ist, verrichtet werden kann, muß man demnach die einfachsten Formen für die Theile der Maschine ableiten. Es ist indessen noch mehr hierbei zu berücksichtigen, denn die Einrichtung und die Formen sind auch abhängig von den Quantitäten, von den Beschaffenheiten oder Gesetzen, und von den Richtungen der Bewegungen, die in der Maschine stattfinden sollen; ferner von den Umständen des Ortes, wo die Maschine aufgestellt werden soll; und endlich von den Stoffen, aus welchen die einzelnen Theile verfertigt werden sollen oder müssen u. s. w. Es giebt also eine Menge Bedingungen, durch welche die Einrichtung einer Maschine bestimmt werden kann, und ohne die Mittel zu kennen, durch welche man diese Bedingungen erfüllt, ist man natürlich nicht im Stande, den Werth oder den Unwerth einer solchen Maschine einzusehen, und ohne diese Kenntniß ist es für den gescheutesten Maschinen-Baumeister häufig sehr schwierig, auf dem kürzesten Wege zum Ziele zu gelangen.

Es ist dann die Kenntniß der verschiedenen Formen und der mancherlei Verbindungen einfacher Werkzeuge, wodurch dieselben den Druck und die Bewegung der Kraft auf die einfachste, regelmäßigste

und dem Zweck entsprechendste Weise einander mittheilen und so auf die Theile übertragen, welche die Arbeit verrichten, oder die Lasten fortbewegen sollen; — es ist dann diese Kenntniß, welche den Maschinen-Baumeister bildet und ihn gehörig in den Stand setzt, nützliche Anwendungen davon zu machen; sie kann durch das Studium der in diesem zweiten Theile entwickelten Grundsätze theoretisch und alsdann durch das Sehen und aufmerksame Betrachten gut eingerichteter Maschinen auch praktisch erlangt werden. Um aber diese Grundsätze so einfach, als nur immer möglich, vortragen zu können, damit sie sich eben leichter dem Geiste einprägen, macht es sich nöthig, die Grundsätze der Wirkung und Einrichtung der gezahnten Räder vorangehen zu lassen, denn diese machen von vielerlei Maschinen die hauptsächlichsten Bestandtheile aus, wiewohl es sich seines Orts ergeben wird, daß sie auch in sehr vielen Fällen durch andere einfachere Mittel, oder sogar durch solche, die dem Zwecke noch besser entsprechen, ersetzt werden können.

2) In der Werkzeugswissenschaft versteht man unter Räderwerk Scheiben, Ringe oder Räder, deren Peripherie mit einer gewissen Anzahl gleicher und ähnlicher vorragender Theile, Zähne oder Kammen genannt, versehen ist, so daß durch das Ineinandergreifen dieser vorragenden Theile das eine Rad B von dem andern Rade A in Umdrehung versetzt wird (Fig. 1.). Es giebt Fälle, in welchen eine Scheibe A Fig. 2 ohne Zähne einer andern Scheibe B eine umdrehende Bewegung blos durch den Druck oder die Klemmung der Umfänge beider Scheiben gegen einander eine umdrehende Bewegung mittheilen kann; aber nicht allein wegen des starken Druckes, den die Wellen oder die Zapfen derselben, um welche sich diese Scheiben drehen, dann erfahren,

und wodurch folglich eine große Reibung entsteht, sondern auch wegen der starken Reibung der Scheibenperipherien an einander, wodurch sie dann sich abschleifen, einen immer schwächern gegenseitigen Druck ausüben und eine geringere Geschwindigkeit der Bewegung erzeugen, oder die Regelmäßigkeit der Bewegung stören, — kann man von diesem einfachen Mittel nur in sehr wenigen Fällen Gebrauch machen, wie sich in der Folge ergeben wird. Ueberall, wo die zu überwindende Last ansehnlich ist, oder wo eine große und regelmäßige Geschwindigkeit erfordert wird, muß man verzahnte Räder anwenden, um die Bewegung eines Theiles einer Maschine auf einen andern Theil durch Umdrehung fortzupflanzen.

Der Zweck, weshalb man verzahnte Räder anwendet, beruht immer darin, daß man

a) entweder den Druck, oder die Geschwindigkeit der Bewegung, welche durch eine gewisse Kraft erzeugt worden ist, in größerem oder geringerem Maaß auf eine Last ausüben, oder einer Last mittheilen will, oder

b) daß man die Bewegung eines Theiles einer Maschine aus derjenigen anderer Theile durch die Umdrehung von Rädern und Wellen ableiten will. Die Dimensionen der Räder und Zähne hängen von dem ersten dieser Zwecke ab, aber die Formen derselben bestimmen sich nach den Umständen, welche bei der Erfüllung des andern Zweckes vorwalten, und nach den Stoffen, aus welchen die Räder und die Zähne verfertigt werden sollen. Diese Stoffe sind nun Holz, Gußeisen, Messing, oder auch wohl Kanonengut. Die Richtung, in welcher die Bewegung fortgepflanzt werden muß, ist bei der Erfüllung des gedachten zweiten Zweckes ein Hauptumstand, von welchem die Form der Zähne oder

Kammen abhängt. Dieser Richtungen giebt es im Allgemeinen zweierlei; denn die Axen, um welche sich die Räder drehen, können entweder zu einander parallel liegen, oder einen Winkel mit einander bilden; im ersten Falle kann man annehmen, daß die Bewegung beider Räder in derselben, oder in parallelen Ebenen stattfindet, während sie dann im letzten Fall in verschiedenen Ebenen stattfinden muß. Andere bei Bestimmung der Form der Zähne oder Kammen zu berücksichtigende Umstände sind: die Regelmäßigkeit der Bewegung und die Verminderung der Reibung der Zähne an einander u. s. w., so daß die gehörige Form der Zähne eine sehr wichtige Sache ist. Die Regeln, welche für diesen Zweck in der Praxis zu befolgen sind, sollen auf die ausführlichste Weise entwickelt werden, nachdem zuvor das Nöthige über den Effect und die demselben entsprechende Einrichtung der Zahnräder gesagt seyn wird.

§. II.

Berechnung der Kraft und der Geschwindigkeit, welche durch Zahnräder ausgeübt werden.

3) Die Bestimmung des Effectes einer gewissen Kraft auf einen Körper durch Vermittlung von Zahnrädern geschieht ganz auf dieselbe Weise, wie dieses im ersten Theil Art. 103 u. ffg. für den Haspel angegeben ist. Es sey z. B. D Fig. 3 eine Welle, mittelst welcher man eine Last Q aufwinden oder heben will; zieht man nun auf diese Welle eine Scheibe C und läßt man die Kraft am Umfange dieser Scheibe wirken, so erhält man einen gewöhnlichen Haspel, der zwar in der Form, doch nicht in der Wirkung sich verändert, wenn die Scheibe C ein Zahnrad wird, in welches ein zweites Rad B ein-

greift, das auf der Welle einer andern Scheibe befestigt ist, oder auf derjenigen einer Kurbel, auf welche die Kraft P unmittelbar wirkt. In der That hat die Kraft in A einen Druck zu überwinden, welcher ausgeübt wird am Umfange des Rades B in C, und dieser Druck ist gleich der Kraft, welche in C erforderlich ist, um die Last Q am Haspel D zu äquilibriren. Damit nun die Kraft in C der Last Q das Gleichgewicht hält, so muß sie zur Größe der Last sich umgekehrt verhalten, wie die Halbmesser Dm und Cm (man lese die Theorie des Haspels am angezeigten Orte nach); nennt man also die im Punkte C erforderliche Kraft R, so

$$R : Q = Dm : Cm$$

folglich $R = \frac{Dm}{Cm} \cdot Q.$

Diese Kraft kann man als eine Last betrachten, die an einem Haspel B hängt, welcher denselben Durchmesser wie das Zahnrad B hat und im Gleichgewichte gehalten werden muß durch die Kraft P, welche an der Scheibe A wirkt. Folglich wird hierzu in A eine Kraft erfordert, welche auf dieselbe Weise wie die Kraft in O ausgedrückt werden kann durch

$$P = \frac{CM}{AM} \cdot R.$$

Aber R ist $= \frac{Dm}{Cm} \cdot Q;$

folglich ist

$$P = \frac{CM}{AM} \cdot R = \frac{Dm \cdot CM}{Cm \cdot AM} \cdot Q,$$

aus welcher Gleichung sich ergiebt, daß um so weniger Kraft erfordert wird, je kleiner die Halbmesser des Haspels D und des

Rades B im Verhältnisse zu den Halbmessern mC und MA des Rades C und der Scheibe A sind; es ergiebt sich auch ferner, daß die Kraft, wenn dieselbe durch Vermittelung von zwei Zahnrädern wirkt, kleiner ist, als wenn sie unmittelbar auf die Scheibe C wirkt.

4) Um dieses zu erläutern, sey der Halbmesser des Haspels Dm = 1; der Halbmesser des Rades C also mC = 4; der Halbmesser des Rades B, also CM = 2; der Halbmesser der Scheibe A, also MA = 4; und die Last sey = 100 Pfd., so wird man, ohne weiter auf die Reibung Rücksicht zu nehmen, finden, daß, um das Gleichgewicht in C herzustellen, erforderlich ist ein Gewicht R = $\frac{1}{4}$ 100 = 25 Pfd.; und um das Gleichgewicht in A herzustellen, ein Gewicht von P = $\frac{2}{4}$ · 25 oder

$$= \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 4} \cdot 100,$$ welches in beiden Fällen $12\frac{5}{10}$ Pfd. giebt. So wie deshalb die Dimensionen der Räder angenommen sind, hat man in A nur halb so viel Druck nöthig, als in C, um die Last Q im Gleichgewichte zu erhalten. Setzt man ferner Dm nicht = 1, sondern = 0,6 und CM = 1,5, so wird die Kraft in P

$$= \frac{Dm \cdot CM}{Cm \cdot AM} \cdot Q \text{ d. i. } = \frac{0{,}6 \times 1{,}5}{4 \cdot 4}\ 100$$

= 5,625 Pfd.; und hieraus sieht man alsdann, daß die Kraft immer kleiner wird, je mehr die Halbmesser CM und Dm an Größe abnehmen.

Es ist deshalb auch hauptsächlich der Ueberschuß der Größe der Scheibe A, nämlich des Hebelarmes der Kraft, über den Durchmesser des Zwischenrades B, wodurch die in A anzuwendende Kraft dergestalt abnimmt, daß, wenn die Durchmesser der

Scheibe AM und des Rades BM einander gleich wären, oder wenn die Kraft P unmittelbar am Umfange des Rades B wirkte, in A keine geringere Kraft erforderlich seyn würde, als in C. Das Zwischenrad würde dann eine wesentliche Vermehrung in der Kraft P verursachen, weil es die durch den Druck der Welle des Rades B auf seine Zapfenlager 2c. erzeugte Reibung überwinden muß, und der einzige, aus dem Rade B alsdann hervorgehende Nutzen wäre dann blos der, den Raum zwischen dem Rad C und der Richtung AP der Kraft auszufüllen, um diese letztere dann so auf das Rad C wirken zu lassen.

5) Natürlich kann man auf die Weise das Verhalten von Kraft und Last nach Wohlgefallen verändern, daß man noch mehr Zwischenräder anwendet.

Es soll z. B. eine Last Q Fig. 4, welche an einem Haspel B hängt, durch eine auf die Kurbel KL wirkende, und folglich mittelst einer Zusammensetzung von großen und kleinen Zahnrädern den Haspel umdrehende Kraft P gehoben werden.

Wir wollen die Dimensionen der Halbmesser des Haspels und der kleinen Räder, die man Getriebe zu nennen pflegt, allgemein ausdrücken durch a, b, c, d, e, und diejenigen der großen Räder und der Kurbel durch A, B, C, D, E, so daß man bekommt

$AB = a$, und $BC = A$,
$CD = b$, „ $DE = B$,
$EF = c$, „ $FG = C$,
$GH = d$, „ $HI = D$,
$IK = e$, „ $KL = E$.

Wenn man dann die Kraft, die am Umfange des ersten Rades, d. h. im Punkte C anzuwenden ist, R nennt, so wird man nach der Theorie des Haspels folgende Proportion bekommen:

$$R : Q = a : A;$$

man nenne die am Umfange E des zweiten Rades anzuwendende Kraft S, so wird dieselbe, um die in C erforderliche Kraft R äquilibriren zu können, bestimmt werden müssen durch die Proportion

$$S : R = b : B;$$

für die Kraft F am Umfange G des dritten Rades bekommt man auf dieselbe Weise

$$F : S = c : C;$$

für die Kraft V in I erhält man

$$V : F = d : D;$$

und endlich für die Kraft P, welche in L an der Kurbel KL wirkt

$$P : V = e : E,$$

wobei nämlich vorausgesetzt ist, daß e der mittlere Hebelarm der Kurbel sey. Setzt man nun die 5 Proportionen unter einander, so bekommt man

$$R : Q = a : A,$$
$$S : R = b : B.$$
$$F : S = c : C,$$
$$V : F = d : D,$$
$$P : V = e : E,$$

und wenn man dieselben mit einander multiplicirt, so erhält man

$$R \cdot S \cdot T \cdot U \cdot P : Q \cdot R \cdot S \cdot T \cdot U = a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e : A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E,$$

nun kann man, ohne die Wahrheit dieser Proportion zu beeinträchtigen, die beiden Ausdrücke der ersten Glieder durch den Factor $R \cdot S \cdot T \cdot U$ dividiren, wodurch man erhält

$$P : Q = a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e : A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E,$$

und dann wird sich die Kraft zur Last verhalten, wie das Product der Halbmesser der Getriebe und der Wellen zu dem Pro-

ducte der Halbmesser der Räder und der mittlern Länge der Kurbel.

6) Wenn man annimmt, daß die Kraft nicht an einer Kurbel, sondern an dem Umfang eines Rades wirkt, und daß der Haspel B ein Getriebe sey, welches auf ein Rad wirkt, an dessen anderer Seite sich die Last befindet, so verändert sich natürlich das Verhältniß zwischen Kraft und Last nicht (man vergleiche den letzten Theil des Art. 4); dieses Verhältniß läßt sich jedoch einfacher folgender Gestalt ausdrücken: die Kraft verhält sich zur Last, wie sich das Product der Halbmesser der Getriebe zu dem Producte der Halbmesser der Räder verhält. Die Kraft wird also um so viel kleiner seyn als die Last, um wie viel das erste Product kleiner ist als das zweite, und da das erste Product kleiner wird, wenn dessen Factoren kleiner werden, und diese Factoren die Halbmesser der Getriebe sind, so wird man dadurch an Kraft gewinnen, daß man die Halbmesser der Getriebe im Vergleiche zu den Halbmessern der Räder kleiner nimmt.

Wenn man nach dieser Regel das richtige Verhalten zwischen der Kraft und der Last bestimmen will, muß man den Halbmesser eines Rades oder Getriebes vom Mittelpunkt an, bis zur halben Länge der Zähne rechnen, denn wollte man diesen Halbmesser der Entfernung des Mittelpunktes vom Anfange der Zähne gleichsetzen, so würde dieses zu wenig seyn, und zu viel dagegen, wenn man vom Mittelpunkte bis zum äußersten Ende der Zähne rechnen wollte. Wenn man aus den Mittelpunkten M und N Fig. 1 der Räder A und B zwei Kreise zieht, welche durch die halbe Länge der Zähne laufen, so werden sich diese Kreise in C berühren und

die Halbmesser dieser Kreise müssen dann die Halbmesser der Zahnräder seyn.

7) Es ist leicht zu begreifen, daß, wenn die Zähne von zwei oder mehr Rädern genau in einander eingreifen oder gleichmäßig auf einander wirken sollen, die Zähne in beiden, oder in allen Rädern gleich dick seyn müssen; eben so müssen auch die Zwischenräume der Zähne dann überall gleich groß seyn. Hieraus folgt deshalb, daß auf einem Umfange von z. B. zwei Ellen noch einmal so viel Zähne angebracht werden können, als auf einem Umfange von einer Elle. Deshalb ist denn natürlich die Anzahl der Zähne von zwei oder mehr Rädern der Länge der Umfänge dieser Räder genau proportional. Und da die Umfänge den Durchmessern oder Halbmessern proportional sind, so ist auch die Anzahl der Zähne der Länge der Halbmesser proportional. Aus diesem Grunde kann man in dem Verhältnisse zwischen Kraft und Last, dessen in Art. 6 Erwähnung geschehen ist, statt der Halbmesser der Getriebe und der Räder die Zahl ihrer Zähne setzen, und dann gestaltet sich die Proportion folgendermaßen: die Kraft verhält sich zur Last, wie das Product der Anzahl Zähne der Getriebe zum Producte der Anzahl Zähne der Räder. Hat man also 4 Räder und 4 Getriebe, und enthält jedes Rad 25, 30, 32 und 37 Zähne, während die betreffenden, in die Räder eingreifenden Getriebe 9, 8, 11 und 14 Zähne haben, so verhält sich die Kraft:

$$\text{Last} = 8 \cdot 9 \cdot 11 \cdot 14 : 25 \cdot 30 \cdot 32 \cdot 37 \cdot$$
$$= 9 \cdot 11 \cdot 7 : 25 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 37$$
$$= 693 : 55500 = 1 : 80{,}087;$$

man sieht hieraus zugleich, daß, wenn es von keinen Umständen abhängt, es sonst ganz einerlei

ist, in welcher Reihenfolge man die Getriebe auf die Räder wirken läßt, ob z. B. das erste Getriebe auf das erste Rad, oder auf das zweite Rad wirkt u. s. w., weil nämlich die Producte der Zahl ihrer Zähne immer dieselben bleiben, in welcher Reihenfolge man sie auch mit einander multipliciren mag, weshalb also das Verhalten zwischen Kraft und Last sich nicht verändern kann.

8) Aber der allgemeine Grundsatz, der bei allen Maschinen stattfindet, darf auch hier nicht aus dem Auge verloren werden, nämlich, daß alles, was an Kraft gewonnen wird, an Zeit verloren geht; denn da die Umfänge, welche die Räder beschreiben, so viel größer sind, als die Umfänge, welche die Getriebe beschreiben, um wie viel die Halbmesser der Räder diejenigen der Getriebe übertreffen, so muß auch natürlich die Kraft (von welcher wir annehmen, daß sie am Umfang eines Rades wirke) einen größern Raum durchlaufen, als die Last (welche am Umfang eines Getriebes hängt, siehe Art. 6), und zwar in dem Maaße, in welchem die Halbmesser der Räder größer sind, als die Halbmesser der Getriebe; und da die Verminderung der Kraft in demselben Verhältnisse stattfindet, so folgt, daß die Abnahme an Kraft eine verhältnißmäßige Zunahme des Raumes, den sie durchlaufen muß, um die Last fortzubewegen, zur Folge hat, oder mit andern Worten, um wie viel kleiner die Kraft als die Last ist, um so viel Raum muß in derselben Zeit die Kraft mehr durchlaufen, als die Last. In dem Beispiele des Art. 7. muß deshalb die Kraft einen Raum von 80,087 Ellen durchlaufen, wogegen die Last nur um 1 Elle fortbewegt wird. Ist also das Rad, an welchem die Kraft wirkt, noch einmal so groß an Umfang, als das

Getriebe, welches die Last bewegt, so wird sich dieses Getriebe nur *einmal* umdrehen, während das erst genannte Rad $40\frac{1}{23}$ Umgänge macht.

9) So wie man durch Räderwerk die Beziehung zwischen dem Druck von Kraft und Last nach Willkühr verändern kann, so ist man auch im Stande, die Geschwindigkeit, mit welcher gewisse Lasten gehoben, oder gewisse Körper im Kreise bewegt werden müssen, nach Gutdünken zu reguliren. Dazu wird das Räderwerk ganz besonders, und sogar vorzugsweise angewendet. Es macht sich deshalb nöthig, bei diesem Gegenstand einen Augenblick zu verweilen.

Wenn z. B. ein Rad mit 70 Zähnen in Umgang versetzt wird durch ein Rad mit 35 Zähnen, so kann man sich sehr bequem überzeugen, daß das erste Rad sich nur einmal umdreht, während sein Getriebe zwei Umgänge macht. Das kleine Rad macht deshalb um so viel mehr Umgänge, um wievielmal es weniger Zähne besitzt, als das große Rad, und *die Anzahl der Umgänge von zwei Rädern steht folglich im umgekehrten Verhältnisse zur Anzahl ihrer Zähne*. Aus diesem Verhältnisse folgt nun:

a) daß um eine Welle oder Axe M Fig. 1 eben so geschwind umlaufen zu lassen, als eine Axe N, man die Räder A und B, durch welche die Umdrehung bewerkstelligt wird, gleich groß nehmen müsse; deshalb wird der Halbmesser jedes Rades gleich dem halben Abstande MN beider Axen (es muß dieser Halbmesser gerechnet werden, wie in Art. 6 angegeben worden).

b) Daß wenn die Axe M sich mit größerer Geschwindigkeit umdrehen soll, als die Axe N, das Rad B größer genommen werden muß, als das Rad A.

c) Daß das Rad B kleiner als das Rad A zu nehmen ist, wenn die Axe M langsamer umlaufen soll, als die Axe N.

In den beiden letzten Fällen müssen die Umfänge und also auch die Halbmesser der Räder im umgekehrten Verhältnisse der Anzahl der Zähne, d. h. im umgekehrten Verhältnisse der Geschwindigkeit genommen werden; folglich muß man den Abstand MN der Axen im umgekehrten Verhältnisse der Geschwindigkeiten vertheilen.

Angenommen nun, das Rad A soll funfzehnmal umlaufen, während das Rad B einmal umläuft, so muß der Abstand MN der Axen in 16 Theile getheilt werden; einer dieser Theile MC soll der Halbmesser des Rades A seyn, welcher dann $\frac{1}{15}$ des Halbmessers NC beträgt. Wenn man nun das Rad A mit 6 Zähnen ausstattet, so muß B 90 Zähne bekommen, nämlich 15 $\times$ 6 Zähne. Man kann die verlangte Geschwindigkeit auch auf die Weise erlangen, daß man dem Rade A 4 Zähne und dem Rade B 60 Zähne giebt, jedoch wird sich aus der Construction der Zähne ergeben, daß es sich für die genaue Regelmäßigkeit und Sanftheit der Bewegung nöthig macht, einem Rade so viel Zähne zu geben, als nur einigermaßen möglich ist, und daß man einem Rad, oder vielmehr einem Getriebe selten weniger als 8 Zähne geben dürfe. Nehmen wir nun z. B. am Umfange des Rades A 8 Zähne an, so muß man dem Rade B 8 $\times$ 15 $=$ 120 Zähne geben. Wir geben übrigens dieses nur als ein Beispiel der Berechnung, denn in der Praxis darf man das eine Rad selten kleiner nehmen, als $\frac{1}{6}$ des andern, und die Gründe dafür sollen im folgenden Capitel §. III. näher beleuchtet werden.

10) Mit zwei Zahnrädern kann man dann einer Welle alle möglichen Geschwindigkeiten mitthei-

len; jedoch wird häufig eins der Räder für die Stelle, welche es einnehmen muß, zu groß, oder es werden die Zähne zu schwach, oder es kann auch der Fall eintreten, daß die Wirkung etwas unregelmäßig erfolgt; alsdann kann man denselben Effect mit drei oder mehr Rädern und Getrieben hervorbringen. Es werde z. B. das Rad B Fig. 5 durch das Rad A in Umdrehung versetzt, und mache $2\frac{1}{2}$ Umgänge auf einen einzigen des Rades A; wenn dann C wieder durch B getrieben wird, und C acht Umgänge auf einen Umgang von B macht, so muß C zwanzigmal sich umdrehen, während B $2\frac{1}{2}$ mal umläuft (denn 20 ist $= 8 \times 2\frac{1}{2}$), ein Umgang des Rades A erzeugt dann 20 Umgänge des Rades C. Wenn man also, um das Rad C durch die Bewegung des Rades A in Umgang zu versetzen, ein Zwischenrad B anwenden will, so muß man die Zahl der Umgänge von B zu A, und von C zu B so bestimmen, daß das Product der Umgänge von C und B gleich werde der Anzahl Umgänge, die das dritte Rad C auf einen einzigen Umgang des Rades A machen muß; wenn diese Zahl 20 ist, wie in dem angeführten Beispiele, so läßt sich die Aufgabe auf mehr als auf eine Weise lösen; denn 20 ist $= 4 \times 5$ oder 5×4; $20 = \times 2 \times 10$ oder $= 10 \times 2$; $20 = 3\frac{1}{3} \times 6$; $20 = 5\frac{1}{2} \times 3\frac{7}{11}$ u. s. w. Hat man auf die eine und die andere Weise sich alsdann über die Zahl der Umgänge der Räder B und C entschieden, so sind auch zugleich die Durchmesser dieser Räder bekannt, denn die Zahl der Zähne verhält sich umgekehrt, wie die Zahl der Umgänge, und da die Zahl der Zähne den Umfängen der Räder proportional ist und folglich auch den Halbmessern oder Durchmessern, so müssen letztere im umgekehrten Verhältnisse der Anzahl von Umgängen

genommen werden. Wenn man also B $2\frac{1}{2}$ mal umlaufen läßt, während A einmal umläuft, und C acht Umgänge machen läßt auf einen einzigen Umgang von B, so muß der Halbmesser von B $\frac{1}{2\frac{1}{2}}$ oder $\frac{2}{5}$ des Halbmessers von A, und der Halbmesser von C $\frac{1}{8}$ des Halbmessers von B betragen. Der Halbmesser von C wird also $\frac{1}{20}$ des Halbmessers von A, und da dieses Verhältniß immer bleibt, wie man auch das Verhältniß zwischen den Umgängen von B und A und von B und C bestimmen möge, so wird das Rad A häufig noch zu groß werden, weil das Rad C auch nicht allzu klein genommen werden kann.

Obschon dann im Allgemeinen das Rad A durch Anwendung eines Zwischenrades B kleiner wird, als wenn man es unmittelbar auf C wirken läßt, so kann doch der Raum, welcher durch diese Verbindung von Rädern eingenommen wird, nach den Umständen noch häufig zu groß seyn. Um alsdann mit kleinern Rädern dasselbe zu erreichen, muß man am Zwischenrade B noch ein kleineres Rad oder Getriebe anwenden, welches auf einerlei Welle mit B sitzt, so wie in Fig. 6 dargestellt ist. Denn wenn man z. B. den Halbmesser des Getriebes b $= \frac{1}{5}$ des Halbmessers des Rades A nimmt, so muß b fünf Umgänge machen, während das Rad A einen einzigen macht; das Rad B, welches nach dem Getriebe b kommt und mit demselben auf einerlei Welle sitzt, muß also auch 5 Umgänge machen. Nimmt man deshalb den Halbmesser des Rades C $= \frac{1}{4}$ des Halbmessers von B, so muß C viermal umlaufen, während B einen einzigen Umgang macht, und also zwanzigmal in der Zeit, in welcher sich B

fünfmal umdreht, oder in welcher A einen einzigen Umgang macht.

Wenn man nun z. B. das Rad B mit dem Rade A von gleicher Größe nimmt, so braucht C nur $\frac{1}{4}$ des Radius von A zum Halbmesser zu haben. Auf diese Weise braucht A dann nur einen viermal größern Durchmesser als C zu haben, damit C während eines Umganges von A zwanzigmal umlaufe, indem ohne Anwendung eines Getriebes b der Durchmesser von A zwanzigmal größer, als derjenige von C seyn müßte; und es leuchtet also auf das Deutlichste ein, daß man auf diese Weise viel Raum ersparen kann.

Ein merkwürdiges Beispiel der Anwendung und sehr compendiösen Verbindung von Zahnrädern findet man in den gewöhnlichen Taschenuhren: während die ganze Zusammensetzung einen sehr kleinen Raum einnimmt, kann man die Spannung einer Feder dergestalt auf ein Rad wirken lassen, daß andere Räder durch dieses Rad und durch Zwischenräder in Umdrehung versetzt werden, ihre Umdrehungen in gleichen Zeiten, oder in gleichen Zeittheilen vollenden und auf diese Weise ein ganz eigenthümliches Maaß der Zeit gewähren. Auf diese Weise muß der Uhrzeiger alle zwölf Stunden das ganze Zifferblatt einmal durchlaufen. Das Rad, welches mit diesem Zeiger auf derselben Welle sitzt, muß also in derselben Zeit einen Umlauf vollenden; der Minutenzeiger muß in jeder Stunde genau einen einzigen Umgang machen, und das Minutenrad muß deshalb durch Zwischenräder von dem andern Räderwerk diese geschwindere Bewegung mitgetheilt erhalten, so daß es innerhalb einer Stunde einen ganzen Umlauf macht u. s. w. Der Raum gestattet es uns jedoch nicht, über die Einrichtung dieser nützlichen Maschinen zu handeln, und auch der Zweck

dieses Lehrbuches besteht mehr in der Entwickelung der praktischen Grundsätze der Werkzeugswissenschaft, als in der Beschreibung und Beurtheilung besonderer Werkzeuge und Maschinen, die hier nur beispielsweise der Erläuterung halber angeführt werden.

11) Es soll nun noch kürzlich angegeben werden, wie man bei irgend einer Verbindung von Rädern, die mehr als ein Zwischenrad enthält, die Zahl der Zähne für die Räder und die Getriebe bestimmen kann.

Man nehme an, daß das Rad A Fig. 4 durch die Zwischenräder E, G und I, und durch die Getriebe D, F und H das Rad K in Umdrehung versetze. Um nun das Verhältniß zu finden, welches zwischen der Anzahl von Umgängen besteht, welche die Räder A und K in derselben Zeit vollenden, hat man folgende Proportion: *die Anzahl der Umgänge des ersten Rades A verhält sich zur Anzahl der Umgänge des Rades K, wie sich die Zahl der Zähne der Getriebe zur Zahl der Zähne der Räder verhalten, oder mit andern Worten, wie sich das Product der Zahl der Zähne der Getriebe zum Producte der Zahl der Zähne der Räder verhält.*

Man nenne die Zahl der Zähne der Räder (A, E, G, I) A, B, C, D, und die Zahl der Zähne an den Getrieben (D, F, H, K) a, b, c, d; und da die Umgänge im umgekehrten Verhähltnisse zur Anzahl der Zähne stehen (Art. 9), so bekommt man folgende Proportionen:

Zahl d. Umgänge v. A : Zahl d. Umgänge v. D = a : A,
„ „ „ „ E : „ „ „ „ F = b : B,
„ „ „ „ G : „ „ „ „ H = c : C,
„ „ „ „ I : „ „ „ „ K = d : D.

Multiplicirt man diese Proportionen, so erhält man die neue Proportion

Umgang A $\times$ Umg. E $\times$ Umg. G $\times$ Umg. I :
" D $\times$ " F $\times$ " H $\times$ " K $=$
a · b · c · d : A · B · C · D,

aber die Zahl der Umgänge von E ist gleich der Zahl der Umgänge von D, weil Rad und Getriebe auf einerlei Welle sitzen; so ist auch der Umgang G dem Umgange F, und der Umgang I dem Umgange H gleich, und deshalb muß Umg. E $\times$ Umg. G $\times$ Umg. I $=$ Umg. D $\times$ Umg. F $\times$ Umg. H seyn. Man kann also die oben stehende Proportion durch das Product dieser gleichen Factoren dividiren und bekommt alsdann

Anzahl Umgänge von A : Anz. Umgänge von B $=$
a · b · c · d : A · B · C · D;

was eben zu beweisen war.

Um nun ein Beispiel der Anwendung dieser Proportion zu geben, wollen wir annehmen, daß das Rad A, Fig. 4, fünf Umgänge machen müsse, um in derselben Zeit das letzte Rad, oder das Getriebe K 59 mal umlaufen zu lassen, und zwar mittelst dreier Räder E, G, I, und drei Getrieben D, F, H, so muß 5 sich verhalten zu 59, wie sich verhält das Product der Zähne der Getriebe D, F, H, K zu dem Producte der Zähne der Räder A, E, G, I.

Man nenne die Zahl der Zähne

von D $=$ a, von A $=$ A,
" F $=$ b, " E $=$ B,
" H $=$ c, " G $=$ C,
" K $=$ d, " I $=$ D, so muß

5 : 59 $=$ a · b · c · d : A · B · C · D oder

$$\frac{5}{59} = \frac{a \cdot b \cdot c \cdot d}{A \cdot B \cdot C \cdot D}$$

seyn; folglich muß man für a, b, c, d und A, B, C, D solche Zahlen suchen, daß
$a \cdot b \cdot c \cdot d = 5$ und $A \cdot B \cdot C \cdot D = 59$ werde. Hierzu kann man keine Brüche brauchen, weil die Zahl der Zähne immer eine ganze Zahl seyn muß; auch darf man die Zahl der Zähne in den Getrieben für ein kleines Werk nicht unter 6 und für ein mittelmäßig großes Werk nicht unter 8 nehmen; deshalb ist die Gleichung $a \times b \times c \times d = 5$ an sich selbst unmöglich; aber wenn man den Bruch $\frac{5}{59}$ im Zähler und Nenner mit einerlei Zahl vervielfältigt, so verändert sich sein Werth nicht, und man bekommt dadurch größere Zahlen. Es betrage z. B. die Anzahl der Zähne von $D = 2 \cdot 5 = 10$, diejenige von $F = 8$, diejenige von $H = 9$, und diejenige von $K = 12$, so ist alsdann $a \cdot b \cdot c \cdot d = 5 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 9 \cdot 12 = 5 \cdot 1728$. Wenn man nun den Bruch $\frac{5}{59}$ im Zähler und Nenner mit 1728 multiplicirt, so wird er $= \frac{5 \cdot 1728}{59 \cdot 1728}$. Dem Producte $5 \cdot 1728 = a \cdot b \cdot c \cdot d$ wäre somit Genüge geschehen, folglich hat man nur noch die vier Zahlen A, B, C, D so zu bestimmen, daß

$$A \times B \times C \times D = 59 \times 1728$$

werde. Nun ist 59 eine untheilbare Zahl und deshalb nicht in Factoren zerlegbar; aber 1728 ist $= 2 \cdot 8 \cdot 9 \cdot 12$, folglich

$$A \cdot B \cdot C \cdot D = 59 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 9 \cdot 12.$$

Die Anzahl der Zähne in den Rädern muß größer seyn, als diejenige der Getriebe, deshalb muß man die Zahlen 2, 8, 9 und 12 so zerlegen und mit einander multipliciren, daß drei Factoren entstehen, die größer sind als 12, welches die Zahl der

Zähne des ersten Getriebes ist. Dieses ist nun nicht möglich, denn

$$2 \cdot 8 \cdot 9 \cdot 12 = 12 \cdot 12 \cdot 12,$$

und man müßte also, um der Aufgabe zu entsprechen, A mit 59 Zähnen, und E, G und I mit je 12 Zähnen versehen. Auf diese Weise würde dann die Auflösung gefunden seyn, wenn keine Gründe vorhanden wären, um die Anzahl der Zähne von E, G und I größer zu nehmen als 12; läßt sich dieses indessen mit andern Umständen nicht vereinigen, so muß man durch Versuche andere Zahlen zu finden sich bemühen, die so nahe als möglich den aufgestellten Bedingungen entsprechen. In den meisten Fällen läßt sich dieses nicht ganz streng, jedoch annähernd ausführen. Man gebe z. B. den Rädern E, G und I 16, 17 und 18 Zähne, so ist $16 \cdot 17 \cdot 18 = 4896$, und da $A \cdot 4896 = 59 \cdot 1728 = 101952$ ist, so muß $A = \frac{101952}{4896}$ seyn, d. i. $= 20\,\frac{4032}{4896}$ = beinahe 21 Zähne; giebt man nun A 21 Zähne, so wird

$$A \cdot B \cdot C \cdot D = 21 \cdot 16 \cdot 17 \cdot 18 = 102816,$$

so daß das Verhältniß zwischen den Umgängen von A und K wird

$$\frac{5 \cdot 1728}{102816} \text{ d. i.} = \frac{5}{59\frac{1}{2}};$$

statt daß man also 59 Umgang für K bekommt, bekommt man $59\frac{1}{2}$ Umgang auf 5 Umgänge von A, weshalb auf 10 Umgänge von A nur einen Umgang zu viel bei A. Andere Zahlen als 16, 17, 18 und 21, die größer als 12 sind, sind noch weniger im Stande die Aufgabe genau zu lösen, so daß man für die genaue Lösung entweder die Zahlen 12, 12

und 12, wie oben gefunden worden, annehmen, oder die Zahl der Zähne in den Getrieben verändern muß; es läßt sich jedoch recht gut vorher sehen, daß, wie man auch diese Zahl annehmen möge, immer die Zahl der Zähne der Räder nicht viel größer, als diejenige der Getriebe ausfallen könne, hauptsächlich, weil 59 eine untheilbare Zahl ist, und die Zahl von 59 Umdrehungen im Vergleiche zu der Zahl von 5 Umdrehungen zu klein ist, um drei Zwischenräder und Getriebe von verschiedener Größe anwenden zu können.

12) Wollte man z. B. nur ein Getriebe H und ein Zwischerad I anwenden, so müßte

$$\frac{5}{59} = \frac{a \cdot b}{A \cdot B}$$

seyn, und setzt man dann z. B.

$$\frac{5}{59} = \frac{5 \cdot 3 \cdot 11}{59 \cdot 3 \cdot 11} = \frac{15 \cdot 11}{59 \cdot 33}$$

so wird die Aufgabe gelöst seyn, wenn man das Rad A mit 59, das Getriebe H mit 15, das Rad I mit 33 und das Getriebe K mit 11 Zähnen versieht.

Ist nun der Abstand der Räder A und K zu groß, als daß er durch zwei nicht sehr große Räder A und I ausgefüllt werden könnte, so läßt sich doch der Zwischenraum zwischen I und K immer durch eins oder mehrere Räder von derselben Größe wie K ausfüllen. Indem diese alsdann auf einander wirken, tragen sie die Bewegung von I auf K über, ohne die Geschwindigkeit zu verändern, welche K bei einem unmittelbaren Eingriffe des Rades I mitgetheilt erhalten würde, indem die erwähnten Räder zwischen I und K mit letzterem von gleicher Größe sind.

Die Anbringung solcher Zwischenräder, deren man sich bedient, um die Abstände zweier Räder auszufüllen, kann auf sehr verschiedene Weise stattfinden, aber meistentheils wird man hierbei durch die bestimmte Stellung der Axen beschränkt. Es soll z. B. die Aufgabe gestellt werden: die Stellung zu bestimmen von zwei Rädern a und c Fig. 7 von gleicher Größe mit dem Rade K, und als eine Verbindung zwischen den Rädern B und K, deren Entfernung größer ist, als der Durchmesser von K?

Man beschreibe alsdann aus K, als dem Mittelpunkte, mit einem Halbmesser, welcher gleich ist dem doppelten Durchmesser von K, einen Kreisbogen fce; man beschreibe gleichsfalls aus d (dem Mittelpunkte des zweiten Rades) einen Kreisbogen, welcher den ersten in c schneidet, und dessen Halbmesser = dg + dem Radius des Rades K ist. Dieser Punkt c muß der Mittelpunkt eines der Räder seyn; der andere Mittelpunkt wird gefunden, indem man die Linie cK zieht und dieselbe in a halbirt. Beschreibt man nun aus a und aus c mit Kb, als dem Halbmesser, zwei Kreise, so werden diese und die Kreise K und B einander eben berühren, und es läßt sich somit den Bedingungen der Aufgabe entsprechen.

Man nehme in Fig. 8 die Stellung des einen Rades a willkührlich an, so jedoch, daß dessen Zähne in die Zähne des Rades A eingreifen; um alsdann die Stellung des zweiten Rades b zu finden, so beschreibe man aus K und a, als den Mittelpunkten, mit dem Durchmesser K, als Radius, zwei Kreisbogen, die einander in b schneiden, welcher Punkt alsdann den Mittelpunkt des zweiten Rades bezeichnet. Bei genauerer Betrachtung dieser Figuren sind die

Grundsätze dieser einfachen Constructionen leicht zu entdecken und ohne Schwierigkeit auf den Fall von 3 oder mehr gleichen Rädern anzuwenden.

Wenn ein Rad Fig. 4 in der Richtung des Pfeiles M, d. h. von links nach rechts, umgedreht wird, so muß sich das Rad E in der Richtung des Pfeilchens N d. h. in einer entgegengesetzten Richtung, umdrehen. Das Rad O dreht sich also wieder in der vorigen Richtung von links nach rechts. Hieraus folgt für Fig. 7 oder 8, daß, wenn das Rad K in derselben Richtung, wie das Rad B sich umdrehen muß, ein Zwischenrad a diesen Effect gewähren kann; durch zwei Zwischenräder a und b dreht sich K in einer andern Richtung als B um, und man muß alsdann drei Zwischenräder anwenden, im Falle der Abstand von K und B für ein Zwischenrad zu groß seyn sollte, und das Rad K in einerlei Richtung mit B sich umdrehen soll. Bei der Anbringung von Zahnrädern muß man hierauf hauptsächlich Aufmerksamkeit verwenden.

13) Aus der Anwendung der in Art. 11 vorgetragenen Regel ergiebt sich, daß es unter allen Umständen nicht gleich leicht ist, die Zahl der Zähne in einer bestimmten Zahl von Rädern so zu reguliren, daß die Umgänge des ersten und letzten Rades in einem bestimmten Verhältnisse zu einander stattfinden. Besonders ist die Lösung einer solchen Aufgabe schwierig, sobald die größte Zahl der Umgänge (wie es in dem angezogenen Beispiele mit der Zahl 59 der Fall war, eine untheilbare Zahl ist und in Bezug auf die Zahl der Umgänge, welche das erste Rad in derselben Zeit vollbringen soll, zugleich nicht groß ist. Ist diese Zahl jedoch groß, so läßt sich die Aufgabe weit leichter lösen.

Die Art und Weise, wie man die Aufgabe in jedem Falle lösen muß, besteht darin, daß man eine

als 59 und 20, oder 60 und 19 Zähne nehmen, weil $\frac{20}{61}$ sich $\frac{20}{60}$ mehr nähert, als $\frac{19}{60}$, und $\frac{20}{59}$ auch mehr von $\frac{20}{60}$ differirt als $\frac{20}{61}$; denn

$$\frac{20}{61} = \frac{19\frac{41}{61}}{60},$$

$$\frac{20}{59} = \frac{20\frac{20}{59}}{60},$$

$$\frac{19}{60} = \frac{19}{60},$$

von welchen Brüchen der erste offenbar am wenigsten von $\frac{20}{60}$ differirt; und diese Differenz wird noch kleiner werden, wenn man statt $\frac{20}{60}$ den Bruch $\frac{40}{120}$ setzt und dann beiden Rädern eine Anzahl von 121 und 40 Zähnen giebt; denn dann wird $\frac{40}{121}$ beinahe $= \frac{19\frac{50}{61}}{60}$ und also größer als $\frac{19\frac{41}{61}}{60}$, kommt also dem eigentlichen Verhältnisse näher, als wenn man 20 und 61 Zähne nimmt.

14) Obschon das bis jetzt Abgehandelte allein Bezug zu haben scheint auf diejenige Art von Zahnrädern, welche die Bewegung in derselben Ebene fortpflanzen, so gilt es doch auch in allen Hinsichten für die andere Art von Räderwerk, durch welche die Bewegung in verschiedenen Ebenen fortgepflanzt wird, wovon sich der Leser leicht überzeugen wird, nachdem er sich mit dem Inhalte des folgenden Capitels dieser Abtheilung bekannt gemacht hat.

§. III.

Ueber die gezahnte Stange und die Schraube ohne Ende.

15) Zum Räderwerk muß man auch rechnen die gezahnte Stange und die Schraube ohne Ende, von welchen Werkzeugen deshalb die Kraft erforscht werden muß.

Eine gezahnte Stange ist nichts anderes als ein gerader, mit einer Verzahnung versehener Stab LH Fig. 9, auf welchen ein Getriebe a wirkt, durch dessen Umdrehung dann natürlich die gezahnte Stange in der geradlinigen Richtung ihrer Länge bewegt werden muß; steht nun mit der gezahnten Stange ein Last in Verbindung, so muß diese Last durch die Umdrehung des Getriebes fortbewegt werden, oder es muß die kreisförmige Bewegung der Kraft der Last eine geradlinige Bewegung mittheilen. Um eine solche geradlinige Bewegung darzustellen, pflegt man die gezahnte Stange in vielen Maschinen anzuwenden, jedoch kann sie nicht dazu benutzt werden, um die anzuwendende Kraft zu vermindern, oder die Geschwindigkeit der Bewegung zu vermehren; denn es ist natürlich, daß es für die Bewegkraft P vollkommen gleich ist, ob die Last unmittelbar am Umfange des Rades A (das als ein Haspel betrachtet werden kann) hängt, oder ob sie an der gezahnten Stange hängt, und letztere durch die Zähne des Rades emporgehoben wird.

Wenn nun der Halbmesser AS des Rades, oder die mittlere Länge der Kurbel, an welcher die Kraft wirkt, R, der Halbmesser des Getriebes AK, r, und die Quantität der Kraft P genannt wird, so muß, wie bei dem Haspel, an den Umfang des Getriebes eine Last Q gehangen werden können, welche die Kraft P im Gleichgewichte erhält, und deren Größe sich ergibt aus der Proportion

$$r : R = P : Q,$$

d. i. $Q = \frac{P \cdot R}{r}$;

und dieses muß dann die Last seyn, die man an die gezahnte Stange zu hängen hat, um welche die Kraft P im Gleichgewicht zu erhalten.

Man kann auch hier, wie bei allen Werkzeugen, die Kraft ermessen aus den Räumen, welche Kraft und Last in derselben Zeit durchlaufen, und dieses wird dann vor allen Dingen nothwendig seyn, sobald es schwierig ist, den Halbmesser des Getriebes genau zu messen. Gesetzt, der Hebelarm der Kraft betrage 15 Zoll. und die gezahnte Stange sollte einen Raum von 37,7 Zollen durchlaufen, während das Rad A oder die Kurbel AS vier Umgänge macht, so hat man für den Umfang, welchen der Wirkungspunkt oder der Anfügungspunkt der Kraft beschreibt $15 \times 2 \times 3{,}1416 = 94{,}248$, also beinahe $= 94{,}25$ Zoll. Während vier Umgängen durchläuft deshalb die Kraft einen Raum von $4 \times 94{,}25 = 377$ Zollen, und da die gezahnte Stange 37,7 Zolle in derselben Zeit fortschreitet, so muß sich, nach dem allgemeinen Grundsatze der Mechanik, die Kraft zur Last umgekehrt wie die Räume verhalten, welche sie in derselben Zeit durchlaufen, d. i.

$$P : Q = 37{,}7 : 377 = 1 : 10;$$

deshalb wird dann der Druck der Kraft nur $\frac{1}{10}$ vom Drucke der Last betragen, wenn man die Reibung ꝛc. unberücksichtigt läßt.

Man lernt hieraus auch zugleich, die Größe des Getriebes zu bestimmen, wenn der Raum, welchen die Last auf einen Umgang der Kurbel zu durchlaufen hat, gegeben ist; denn um wie viele Palmen, Zoll oder Linien die Last fortschreiten muß, während das Getriebe einmal umgedreht wird, eben so viele Palmen, Zolle oder Linien muß der Umfang des Getriebes lang seyn, weil nämlich die Entfernung von den Mittelpunkten der Zähne am Umfange des Getriebes so groß ist, als an der gezahnten Stange; und wenn also das Getriebe z. B. 9 Zähne hat, so werden 9 Zähne an der gezahnten Stange eine

Länge einnehmen, die der Länge des Umfanges des Getriebes gleich ist.

Hat man so diese Länge gefunden, dann ist es nach den Grundsätzen der Meßkunst leicht, den Halbmesser des Getriebes zu berechnen. Auf den gefundenen Umfang müssen nun so viele Zähne kommen, als es sich nur mit der Stärke, die sie besitzen müssen (und wovon in der Folge die Rede seyn wird), vertragen will; denn jemehr Zähne vorhanden sind, desto regelmäßiger ist die Wirkung. Es läßt sich auch leicht einsehen, daß diese Zahl gerade keine untheilbare Zahl zu seyn braucht, wenn das Getriebe zugleich mit der Kurbel, oder mit dem Theile, auf welchen die Kraft wirkt, umgedreht wird; hierauf hat man nur dann Rücksicht zu nehmen, wenn das Getriebe durch anderes Räderwerk (zwischen dem Getriebe und dem Wirkungspunkte der Kraft angebracht) in Bewegung gesetzt wird.

16) Wenn man die Zähne eines Rades E Fig. 10 so formt, daß sie vollkommen zwischen zwei Gewinden in den Gang einer Schraube passen, so läßt sich leicht einsehen, daß diese Zähne durch die Umdrehung der Schraube fortgeschoben werden, und daß das Zahnrad sich folglich umdreht. Wenn man die Schraube auf diese Weise anwendet, so heißt sie Schraube ohne Ende, weil sie durch zwei oder drei Gewinde eine anhaltende und so zu sagen niemals endigende Bewegung mittheilt; die Schraubenmutter (unter welcher man hier den gezahnten Umfang des Rades verstehen muß) gelangt auf diese Weise niemals an das Ende der Gewinde der Vaterschraube, denn sie ist kreisförmig, kehrt in sich selbst zurück und ist ohne Ende, was nicht stattfindet, wenn die Schraubenmutter, wie bei ihrer gewöhnlichen Gestalt aus einer bestimmten Anzahl von Gewinden besteht.

Die Kraft, welche die Schraube ohne Ende ausübt, ist sehr groß und wird auf folgende Weise befunden: man nehme an, der Gang der Schraube sey s Zoll breit, und der Halbmesser des Kreises, den der Wirkungspunkt der Kraft P beschreibt, sey R, so wird man, wenn die Last, die auf die Schraubengewinde drückt, S genannt wird, folgende Proportion bekommen:

$$P : S = s : \text{Umfang } R$$

(siehe Theil 1, Art. 127).

Ist an der Welle des Rades E ein Haspel CD angebracht, um eine Last Q zu heben (und man bemerke, daß dieser Haspel hier nur angenommen wird, um die Vorstellung der Sache zu vereinfachen) und man den Halbmesser dieses Haspels r nennt, denjenigen des Rades E dagegen a, so wird diese Last Q durch den Druck eines Gewichtes S, welches am Umfange von E wirkt, im Gleichgewichte gehalten werden, wenn zwischen Q und S folgendes Verhältniß stattfindet:

$$S : Q = r : a;$$

multiplicirt man nun diese Proportion mit der vorhergehenden, so bekommt man

$$P \cdot S : Q \cdot S = r \cdot s : a \times \text{Umfang } R,$$

oder dividirt man die Ausdrücke des ersten Gliedes durch S,

$$P : Q = rs : a \times \text{Umfang } R;$$

folglich verhält sich die Kraft zur Last wie das Produkt des Schraubenganges und des Halbmessers des Haspels zum Produkte des Halbmessers des Rades E und des Umfanges, den die Kraft beschreibt. Darum wird die Kraft kleiner seyn, als die Last, je kleiner der Gang der Schraube und der Halbmesser des Haspels sind; obschon dem entgegensteht, daß die

Last sehr wenig steigt, während die Kraft einen beträchtlichen Raum durchläuft.

Es betrage der Halbmesser des Umfanges, den die Kraft beschreibt, 15 Zoll, so ist dieser Umfang = 94,25 Zoll; es habe der Halbmesser des Rades E 16 Zoll; der Gang der Schraube vier Zoll; der Halbmesser der Haspelwelle CD 6 Zoll, so bekommt man $P : Q = 6 \cdot 4 : 16 \cdot 94{,}25 = 24 : 1508 = 1 : 62{,}8$ und ein Druck von 1 Pfund muß alsdann eine Last von 62,8 im Gleichgewichte erhalten können; oder 10 Pfund halten 628 Pfund im Gleichgewichte; und um mit diesem Werkzeuge dann eine Last von 1000 Pfund im Gleichgewichte zu erhalten, braucht die Kraft nur einen Druck von beinahe 16 Pfund anzuwenden, welche Kraft noch größer wird, wenn man den Gang der Schraube, oder den Halbmesser der Haspelwelle, oder beide noch kleiner nimmt, als wir angenommen haben.

Man kann sich jedoch leicht überzeugen, daß wenn die Kraft 62,8 Zoll durchläuft, die Last nur um 1 Zoll steigt; für einen Umfang von 94,25 Zoll, den die Kraft beschreibt, wird die Last also nur anderthalb Zoll steigen. Der Grund hiervon liegt natürlich darin, daß für einen Umgang der Kurbel P das Rad nur um den Betrag des Schraubenganges sich umdreht (also, wie wir angenommen haben, für einen Umgang nur um 4 Zoll), während die Last dann natürlich noch um so viel weniger steigt, wenn der Halbmesser des Haspels kleiner ist, als der Halbmesser des Rades (es steigt also die Last bei einem Umgange der Kurbel nur um $\frac{6}{16}$ oder $\frac{3}{8}$ von 4 Zoll; dieses ist aber $= \frac{3 \cdot 4}{8} = \frac{12}{8} = 1\frac{1}{2}$ Zoll).

Man verliert dann an Geschwindigkeit, was man an Kraft gewinnt.

Die Schraube ohne Ende kann so auf zweierlei Weise von großem Nutzen seyn, nämlich entweder, um bei geringem Raume, den das Werkzeug einnimmt, durch geringen Druck schwere Lasten zu heben, oder um einer Welle, deren Richtung einen rechten Winkel mit der Richtung der Schraube macht, und die über dieses noch in einer andern Ebene, als die Axe der Schraube liegt, sehr langsame Bewegungen mitzutheilen.

Obgleich sehr wenig Kraft erfordert wird, um das Rad E durch die Schraube A umzudrehen, so kann dennoch, wenn die Gewinde der Schraube nicht sehr steil sind, oder wenn der Gang der Schraube nicht breit ist, eine mächtige Kraft erfordert werden, um die Schraube durch den Umgang des Rades zu drehen, indem die Reibung der Schraube ohne Ende sehr beträchtlich ist; und gerade diese Eigenschaft der Schraube ohne Ende kann man in vielen Fällen benutzen, wie im 4ten Kapitel durch ein Beispiel erläutert werden soll.

Nach Maßgabe dessen, was im ersten Theile dieses Werkes über die Schraube und dessen, was weiter oben über das Räderwerk gesagt worden ist, wird man auch ohne ausführliche Erläuterungen im Stande seyn, den Gang der Schraube und den Durchmesser des Zahnrades zu bestimmen, um durch eine gegebene Kraft eine bestimmte Last im Gleichgewichte zu erhalten, oder um der letztern eine bestimmte Geschwindigkeit zu verleihen, wenn der Raum, den die Kraft in einer gewissen Zeit durchläuft, bekannt ist.

Was endlich die Zahl der Zähne des Rades betrifft, so bemerke man, daß ein Schraubengewinde den Zahn, den es gefaßt hat, erst nach einem vollbrachten Umgange verläßt; folglich muß die Zahl der Zähne gerade so groß seyn, als die Zahl der

Umgänge, welche die Schraube bei jeglichem Umgange des Rades machen soll.

§. IV.

Ueber die Reibung im Räderwerk; über einen wichtigen Umstand, den man bei der gegenseitigen Stellung der Zahnräder zu berücksichtigen hat; und über die Umstände der Bewegung des Räderwerkes.

17) Wenn die Zähne eines Rades alle gleich sind und die gehörige Form besitzen, so werden sie während der Bewegung eher über einander rollen, als sich an einander reiben; eine Reibung findet vornämlich in dem Augenblicke statt, wo die Zähne einander verlassen sollen, und sie ist um so größer, je länger die Zähne mit einander in Berührung bleiben. Man kann sie jedoch vermindern, wenn man die Zähne so klein macht, oder die Anzahl derselben so groß nimmt, als nur möglich ist, denn alsdann ist die Zeit ihrer Berührung sehr kurz. Wenn dieses nun der Fall ist, und die Zähne die erforderliche Form besitzen, so wird die Reibung im Räderwerk sehr gering seyn, und bei den gewöhnlicheu Berechnungen des Kraftvermögens und des Effectes der Maschinen wird man diesen Widerstand, ohne einen merklichen Irrthum zu begehen, ganz unberücksichtigt lassen können. In keinem andern Fall, als wenn sehr viele Räder in einer Maschine sind, kann die Reibung von Belang werden, und selbst dann nur in dem einzigen Falle, wenn der Druck, welcher auf die Zähne ausgeübt wird, beträchtlich ist. Wollte man diesen Widerstand mit ausreichender Genauigkeit schätzen, so müßten, um die nöthigen Berechnungen anstellen zu können, besondere Versuche mit äußerst genau verfertigten Rädern ins Werk gestellt werden, um nämlich die Quantität der Reibung zu bestimmen, welche bei der zum Theil gleitenden, zum

Theil rollenden Reibung stattfindet, mit welcher sich die Räder über einander bewegen; denn diese Quantität ist noch nicht genau bekannt.

Hat man den Zähnen des Räderwerkes nicht mit Sorgfalt die gehörige Form gegeben, so kann sichs ereignen, daß die stattfindende Reibung nicht gering ist; es ist indessen dann noch weniger möglich, durch Berechnung den Betrag dieses Widerstandes auszumitteln, weil eine solche Berechnung immer in der Voraussetzung geschieht, daß die Theile eine geometrisch richtige Form besitzen. Dieses letztere gilt ganz besonders von dem hölzernen Räderwerk, bei welchem die Reibung sehr veränderlich seyn kann, wenn durch die minder richtige Form der Zähne eine ungleiche und stets zunehmende Abnutzung stattfindet, oder wenn die Bewegung unregelmäßig ist und ruckweise vor sich geht. Die Erfahrung kann dann die Quantität der Reibung einigermaßen, doch nie sehr genau bekannt werden lassen.

Die Reibung der Zähne der Räder wird geringer, je nachdem die Durchmesser der Räder weniger unter einander differiren; denn alsdann wird die Form der Zähne in allen Rädern vollkommen dieselbe, und es findet größtentheils ein Uebereinanrollen der Räder statt. Wenn man also viele Zwischenräder in einer Maschine anwenden muß, so wird es, die Sache von dieser Seite betrachtet, vortheilhaft seyn, alle diese Zwischenräder so viel wie möglich von gleicher Größe zu nehmen.

Um endlich die Reibung und vornämlich die Abnutzung der Zähne noch zu vermindern, ist es von Nutzen, dieselben zu schmieren. Für eisernes Räderwerk nimmt man hierzu Fett und Oel, aber hölzerne Zähne werden trocken mit Graphit abgerieben; kupferne Zähne müssen mit gutem Oele bestrichen werden. Bei Betrachtung des Druckes, den die

Zähne des Räderwerkes gegen einander ausüben, muß man ganz besondere Rücksicht darauf nehmen, ob man es mit Kronrädern, Kegelrädern, oder schrägverzahnten Rädern zu thun habe, welche Rücksicht man jedoch besser verstehen wird, nachdem die Form dieser Arten von Zahnrädern im folgenden Kapitel erklärt worden ist.

18) Die Reibung an der Schraube ohne Ende ist sehr beträchtlich; sie ist größer, als bei der gewöhnlichen Schraube, welche den Auf- und Niedergang einer Schraubenmutter darstellt, und besonders, weil die Zähne des Rades nicht immer, wie die Gewinde einer Schraubenmutter, flach oder eben an den Gewinden der Schraube anliegen; denn dieses findet allein statt, wenn irgend ein Zahn gerade in der Mitte seiner Bewegung dicht unter der Schraube steht und mit ihrer Axe einen rechten Winkel bildet; aber sobald er diesen Stand Fig. 11 verläßt, ist es allein der scharfe Rand des Schraubengewindes, welcher den Zahn forttreibt. Dieses Forttreiben geschieht längs des Zahnes in einer schrägen Richtung und verursacht also mehr Reibung, als wenn die ebene Seite des Gewindes sich längs der ebenen Seite des Zahnes reiben würde. Sie soll jedoch noch am geringsten seyn, wenn die Berührung gerade in der senkrechten Linie a b beginnt, welche aus der Axe des Rades auf die Axe der Schraube gezogen wird; aber häufig wird ein Zahn A von dem Gewinde B schon vor der Linie a b gefaßt; die Berührung und das Forttreiben erfolgt dann in einer noch schrägern Richtung, und bei diesem Stande des Zahnes A ist es allein seine oberste oder scharfe Kante, welche von den Schraubengewinden berührt wird. Man kann sich von diesen schrägen Wirkungen durch die Betrachtung einer Schraube ohne Ende, die einige Zeit gedient hat, überzeugen; denn

wegen der großen Reibung, die dabei stattfindet, ist auch die Abnutzung groß, und man wird immer finden, daß diese Abnutzung am meisten stattfindet an den scharfen Kanten und Ecken der Zähne.

Da nun die Zähne schräg auf dem Umfange des Rades stehen und sich durch die Umdrehung jedesmal in einem andern Stande in Bezug auf die Schraubengewinde befinden, so werden sie nicht auf allen Punkten ihrer Breite von den Gewinden der Schraube gleich schräg empfangen, und dieses macht die richtige Berechnung der Quantität der Reibung für die Praxis etwas complicirt. Für nicht ganz genaue Berechnungen reicht man häufig aus, wenn man die Reibung schätzt, als habe die Schraube scharfe Gewinde und werde durch eine gleiche Last gedrückt, welche am Umfange des Rades A überwunden werden muß. Dieses ist jedoch alsdann nur eine rohe Berechnung, indem die Reibung größer und manchmal mehr, als noch einmal so groß seyn kann, als man sie bei der Schraube mit flachen Gewinden antrifft. Die Reibung bei der Schraube ohne Ende wird um so kleiner seyn, je feiner die Gewinde sind.

Weil die Gewinde schräg um den Kern oder die Spindel der Schraube laufen, und weil die Zähne auch schräg auf den Umfang des Rades gesetzt sind, so werden die Zähne ab Fig. 12 auch einen Druck zu leiden haben in der Richtung dc, welche parallel mit der Axe des Rades läuft; da nun das Rad fest mit der Axe verbunden ist, so hat die Axe einen Druck in der Richtung ihrer Länge auszuhalten; und da nun dieser Druck gegen die Zapfenlager der Axe ausgeübt wird, so hat er eine Vermehrung der Reibung zur Folge.

Um die große Abnutzung und Reibung der Zähne so viel wie möglich zu vermindern, muß man

das Rad aus Stückgut gießen und durch eine verstählte Schraube umdrehen lassen.

19) Ein Umstand, den man bei der Anbringung von Rädern berücksichtigen muß, ist der: dieselben, wenn man freie Wahl hat, so anzubringen, daß der Druck auf die Axen oder Wellen so gering wie möglich wird.

Um ein Beispiel zu geben, sey S Fig. 13 ein Rad, durch dessen Umdrehung eine Last L aufgewunden werden soll; will man nun ein Getriebe anwenden, um dieses Rad S umzudrehen, so ist es besser, dieses Getriebe in R, an einerlei Seite mit der Last, als in Q anzubringen; denn da die Richtung der Bewegung des Getriebes Q so beschaffen ist, daß die Zähne des Rades niederwärts bewegt werden, so erfolgt auch der Druck des Getriebes gegen die Zähne des Rades von oben nach unten und vermehrt dadurch die Reibung der Welle des Rades S in ihren Zapfenlagern. Dagegen drückt das Getriebe die Zähne des Rades S aufwärts, wenn man dasselbe an der andern Seite des Rades in R anbringt. Es werden alsdann nicht die Zähne des Rades, sondern die Zähne des Getriebes niederwärts gedrückt, und dadurch muß natürlich der Druck des Rades S und der Last L auf die Welle a vermindert werden, wobei zugleich auch die Reibung geringer wird. Dieser Druck ist am kleinsten, wenn die Kraft, die das Getriebe in Bewegung setzt, anhaltend in der Richtung RK wirken kann. Ist dieses aber nicht der Fall und wird z. B. das Getriebe R durch eine Kurbel in Bewegung gesetzt, so wird der geringere Druck auf die Welle a nur auf Kosten eines stärkern Druckes auf das Getriebe jedesmal stattfinden, wenn die Kraft nicht in einer Richtung RK ausgeübt wird, die der Richtung PL der Last entgegengesetzt ist. Die Welle des Getriebes erfährt dann

einen veränderlichen Druck, welcher am kleinsten ist, wenn die Kurbel in R nach oben bewegt wird, und am größten in T, wenn sie niederwärts gedrückt wird.

Da es schon von Nutzen ist, die Räder in einer Maschine so anzubringen, daß der Druck, den die Wellen in ihren Zapfenlagern erfahren, am geringsten wird, um auf diese Weise den geringsten Widerstand der Reibung herbeizuführen; so muß man diesen Zweck auch schon deshalb zu erreichen suchen, um den Wellen eine geringere Dicke zu geben, als wenn sie die vorhandenen Drucke unvermindert auszuhalten haben. Um diese beiden Zwecke zugleich zu erreichen, muß man deshalb eine zweckmäßige Anbringung der Räder ganz besonders berücksichtigen.

Allgemeine Vorschriften zu geben, wie die Räder gegenseitig die vortheilhafteste Stellung erhalten, ist eines Theils wegen der vielen verschiedenen Fälle, und andern Theils wegen der besondern Umstände, die jederzeit berücksichtigt seyn wollen u. s. w. nicht gut möglich. Da man jedoch aus den Richtungen der Bewegung und der Drucke immer leicht ausmitteln kann, wo die Räder ihre Drucke gegenseitig im Gleichgewichte halten oder äquilibriren können, so thun auch dergleichen Vorschriften weniger Noth.

Hinsichtlich der Bestimmung der Reibung der Wellen in ihren Pfannen, sind auch keine besondern Erläuterungen erforderlich, indem diese Reibung auf keine andere Weise berechnet wird, als wir für den gewöhnlichen Haspel im ersten Theile dieses Werkes bereits angegeben haben.

20) Wenn die Kraft einen solchen Druck ausübt, wodurch sie im Stande ist, dem Drucke der Last und dem Widerstande der Reibung das Gleichgewicht zu halten, so muß sie, um Bewegung her-

vorzubringen und zu unterhalten, noch so viel Druck obendrein anwenden, daß der Widerstand der Trägheit überwunden und die erforderliche Geschwindigkeit mitgetheilt wird, wie dieses bei allen Werkzeugen der Fall ist, die man in Bewegung sieht.

Um die Bewegung des Räderwerkes regelmäßig zu unterhalten, ist eine stete Kraft erforderlich, denn diese Bewegung ist anhaltend und nicht abwechselnd, wie diejenige des Hebels, so daß, nachdem die Trägheit der Theile überwunden ist, während der ganzen Zeit nur eine Kraft erforderlich ist, welche die Last und den Widerstand der Reibung zu äquilibriren vermag, dabei zugleich ein solches Uebermaß besitzt, um die Geschwindigkeit der Bewegung zu unterhalten, d. h. sie muß die Bewegung des Rades, auf welches sie wirkt, stets unterhalten können. Dieses ist nun der Fall mit allen anhaltenden regelmäßigen Bewegungen; die Unterhaltung derselben nimmt die wenigste Kraft in Anspruch; diese Kraft ist und bleibt stete, nachdem sie die Bewegung hervorgebracht hat, oder vielmehr, nachdem sie die Trägheit der Theile, um von der Ruhe zur Bewegung überzugehen, überwunden hat und von dieser Seite keinem größern Widerstande begegnet. Endlich findet bei den anhaltenden Bewegungen, von welcher Art sie auch seyn mögen, kein Verlust an Zeit statt; und diese Vortheile geben eben so viele Gründe ab, weshalb man der anhaltenden Bewegung so viel wie möglich vor den abwechselnden Bewegungen den Vorzug einräumen muß.

Die Regelmäßigkeit der Bewegung beruht übrigens noch auf der vollkommenen Gleichheit und auf der guten Form der Zähne. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, so wird die Bewegung unregelmäßig seyn. Sind viele Zwischenräder vorhanden, die alle den erwähnten Fehler theilen, so wird die Un-

regelmäßigkeit desto größer seyn; und da man bei der Verfertigung der Zahnräder im Großen selten die höchste Genauigkeit erlangen kann, so muß man überall, wo es nur angeht, viele Zwischenräder vermeiden und lieber, wenn es sich mit andern Umständen vereinigen läßt, statt drei oder mehr kleine Räder ein großes Rad wählen. Letztere Einrichtung hat auch zur Folge, daß die Anzahl der Reibungen geringer wird und leichter zu überwinden ist, weil die Hebelarme dann desto länger werden; mit einem Worte: viele Räder machen eine Maschine complicirt und können, um die Regelmäßigkeit der Bewegung zu befördern, in keinem andern Falle von Nutzen seyn, als wenn die Mittheilung der Bewegung stoßweise erfolgt, welcher Einfluß auf die Bewegung der Last dadurch vermindert werden kann, daß man dieselbe unter viele große und kleine Räder vertheilt.

Zweites Kapitel.

Ueber die Construction der Zähne des Räderwerkes.

---

§. I.

Vorläufige Bestimmungen und Grundsätze.

21) Der Kreis MC oder NC Fig. 1, welcher durch die Mitte der Zähne eines Rades läuft, soll in der Folge Berührungskreis oder Theilkreis genannt werden, weil man auf dem Umfange dieses Kreises die Anzahl der Zähne nebst deren Dicke abtheilt. Man muß also auch diesen Theilungskreis

für den Umfang des Rades nehmen, oder der Halbmesser desselben giebt den mittlern Halbmesser des Zahnrades. Und wenn nun zwei Räder, wie in Fig. 1 auf einander wirken, so müssen die Zähne des einen Rades so tief in die Zwischenräume der Zähne des andern Rades eingreifen, daß die Theilkreise einander berühren. Diese Berührung findet statt im Punkte C, durch welchen die Linie MN läuft, welche die Mittelpunkte der beiden Räder mit einander verbindet. Die Linie MN wird die Linie der Mittelpunkte, oder die Mittelpunktslinie genannt. Derjenige Theil der Zähne, an welchem sich letztere einander während der Bewegung berühren, muß krummlinig seyn. Es ist ganz einleuchtend, daß die Zahnräder so eingerichtet oder geformt werden müssen, daß

a) Die Mittheilung der Bewegung sanft und regelmäßig erfolgt.

b) Daß die stattfindende Reibung so gering, wie möglich sey.

c) Daß das Verhältniß, welches zwischen der Länge der Hebelarme der Kraft und der Last besteht, während der ganzen Bewegung sich gleich bleibe, denn sonst könnte die Bewegung nicht regelmäßig von Statten gehen.

Diese Bedingungen lassen sich nun durchaus nicht erfüllen, sobald man die Zähne geradlinig macht; denn gesetzt, daß man dieselben so klein oder so wenig tief machen könnte, daß sie (siehe Fig. 14) regelmäßig in einander greifen und einander bequem verlassen könnten (was jedoch unmöglich ist, sobald die Zähne bei einer geradlinigen Form so tief in einander eingreifen, als gewöhnlich geschieht, denn haben sie einmal schließend in einander eingegriffen, so können sie nur mit Gewalt aus einander getrieben werden), so müßte die Berührung der Zähne von A

mit den Zähnen des Rades B immer an dem scharfen obern Rande erfolgen; wenn die Berührung erst auf der Mittelpunktslinie erfolgt, so wird sie in b stattfinden, nachher in c, wenn die Räder sich ein wenig umgedreht haben u. s. w. Es sind also immer die scharfen Kanten der Zähne des Rades A, welche, indem sie gegen die ebenen Seiten der Zähne des Rades B anstoßen, dieses Rad umdrehen. Soll die Bewegung nun regelmäßig seyn, so müssen die Zähne a und e einander gerade in der Linie der Mittelpunkte zu berühren anfangen, wenn c und f einander verlassen; und diese richtige Berührung kann hier absolut nicht stattfinden. Die Berührung wird mit einem Stoße der Ecken der Zähne von A gegen die ebenen Seiten der Zähne von B erfolgen, und dergleichen Stöße, welche offenbar für die regelmäßige Bewegung höchst nachtheilig sind, werden bereits bei den folgenden Zähnen d und e stattfinden, ehe noch die vorhergehenden Zähne a und b einander in der Richtung der Mittelpunktslinie berühren. Die Reibung kann auch natürlich nicht gering sey, da sie aus einem starken gegenseitigen Scheuern von zwei Oberflächen entsteht, und das Verhältniß der Länge der Hebelarme verändert sich auch, sobald die Zähne die Mittelpunktslinie passirt haben; denn der Hebelarm des forttreibenden Rades A bleibt immer derselbe, indem b C = c C ist u. s. w., während sich derjenige des andern Rades beständig verändert. Es wirkt zwar die Kraft in c nicht senkrecht auf den Halbmesser c D, wie dieses in b der Fall ist, und es muß also in c, um die Last eben so leicht zu bewegen, zwar ein längerer Hebelarm c D als in b vorhanden seyn, jedoch muß die Verlängerung dieses Armes in demselben Verhältnisse stattfinden, in welchem der Druck der bewegenden Kraft, wegen der schrägen Wirkung auf die Zähne, abnimmt, und dieses ist hier keineswegs der Fall.

Es würden auch die Zähne solcher Räder nicht lange unter dieser Form bestehen können, denn es leuchtet ein, daß die Ecken der Zähne des Rades A durch die heftige und anhaltende Reibung sich sehr bald abnutzen müssen; und während die Zähne des Rades B dann geradlinig blieben, würden sich diejenigen des Rades A von selbst auf die gehörige Form abrunden.

22) Aus diesen allen folgt nun, daß die Form der Zähne eines Rades nicht geradlinig, sondern krummlinig seyn müsse, damit die drei oben genannten Bedingungen während der Bewegung erfüllt werden. Nachdem dieser Gegenstand nach mathematischen Grundsätzen untersucht worden ist, so hat das Resultat ergeben, daß es mehr als eine krumme Linie giebt, nach welcher die Abrundung der Zähne bewerkstelligt werden kann, um eine sehr regelmäßige Bewegung und ein stetes Verhältniß zwischen der Kraft und der Last zu bekommen, und daß zugleich eine rollende und also eine sehr geringe Reibung besteht. Dieses alles ausführlich zu entwickeln, ist hier der passende Ort nicht, auch ist eine solche Entwickelung um so weniger nothwendig, als man auch ohne dieselbe die Construction des Räderwerkes eben so gut lehren kann.

Die Regeln, welche hier für die Construction der Zähne angegeben werden sollen, sind ganz verschieden von denen, die man in der Praxis gewöhnlich befolgt. So findet man in allen Werken über den Mühlenbau vorgeschrieben, die Zähne mit dem Zirkel abzurunden, d. h. zum runden oder krummlinigen Theile der Zähne Kreisbogen zu nehmen. Man soll indessen keine Kreisbogen anwenden, sondern Theile anderer krummer Linien, aber in der Praxis langt man auch mit einem Kreisbogen aus, indem die krummlinigen Theile der Zähne immer sehr klein sind, und es ist dann nur die Frage, wo

der Mittelpunkt dieses Bogens zu suchen sey, dam letzterer der eigentlichen krummen Linie so viel wi möglich sich nähere? Wenn nun dieser Mittelpunk da läge, wo man auf jedem Rade nach der Vo schrift der Werke über den Mühlenbau den Scher kel des Zirkels einsetzen muß, so könnte man die Vorschrift ohne Gefahr befolgen; dieser Mittelpunk hat aber auf jedem Rade von einer andern Größ einen andern Ort, bald über, bald unter dem vo geschriebenen Punkte. Nach jener Vorschrift soll j doch der Ort des genannten Mittelpunktes auf alle Rädern jederzeit eine gleichförmige Lage haben, un es wird also selten eintreten, oder vielmehr ganz zu fällig seyn, daß der auf diese Weise beschriebe Kreisbogen mit der richtigen krummlinigen Form d Zähne übereinstimmt. Fällt der Kreisbogen jensei der richtigen krummen Linie, und werden die Zäh also dicker, als sie eigentlich seyn müssen, so könne sie endlich durch Abnutzung die richtige Form erha ten; fällt aber der Kreisbogen diesseits der genann ten krummen Linie, so werden die Zähne schwäche als im ersten Falle, und werden dann durch Ab nutzung niemals die richtige Form erlangen, sonde mit der Zeit immer mehr von derselben abweiche Jene Vorschrift der Werke über den Mühlenbau i also ganz verkehrt, und deshalb findet man diesel hier nicht unter den angegebenen Regeln. Man en gegne darauf nicht, daß die auf gewöhnliche Wei gezahnten Räder dennoch gut gehen, und wenn sie au nicht von vorn herein die richtige Form der Zäh besitzen, doch nach kurzer Zeit dieselbe bekommen un sich selbst abrunden; denn abgesehen von dem Un gereimten, was in dieser Behauptung liegt, verste sich von selbst, daß jeder, welcher eine Maschi richtig verfertigen will, auch die richtigen Regeln b folge, die ihm die Versicherung geben, daß der Gan

der Maschine anfangs fast eben so richtig, als nach Verlauf einiger Zeit seyn werde; auch sind die gedachten Regeln in der Theorie, wie in der Praxis, nicht schwieriger zu begreifen, als jede andere.

Obschon man sich nun, wie eben gesagt ist, mehr als einer krummen Linie bedienen kann, um den Zähnen der Räder die gehörige Form zu geben, so giebt es jedoch drei derselben, die man ausschließlich dazu erwählt hat; man nennt sie Epicycloide, Evolute des Kreises und Cycloide oder Radlinie. Die einfachste Construction dieser Linien soll gehörigen Orts weiter unten angegeben werden.

23) Die Form der Zähne der Räder muß etwas anders bestimmt werden, je nachdem die Form der Räder nach den Richtungen, in welchen sie die Bewegung einander mittheilen sollen, verschieden ist. Die Form der Räder ändert sich ab, je nachdem zwei derselben, die in einander eingreifen, beiderseits mit Zähnen versehen sind, oder das eine derselben eine Verzahnung besitzt, während das andere Treibstecken hat. Die Richtung der Bewegug der Räder kann in derselben Ebene, oder in verschiedenen Ebenen stattfinden. Dieses alles wird nach der Hand deutlicher werden und dient uns jetzt nur, um die nöthigen Unterscheidungen der verschiedenen Arten zu machen, wie zwei Räder einander Bewegung mittheilen können. Diese verschiedenen Arten, Bewegung mitzutheilen, welche zu gleicher Zeit die Folgereihe der verschiedenen Constructionen andeuten, sind nun:

I) Die Bewegung zweier Räder kann stattfinden in derselben Ebene, so daß die Wellen einander parallel laufen.

A) Die Räder können auswendig auf einander wirken.

B) Die Räder können inwendig auf einander wirken.

Beide Räder können versehen seyn:

a) Mit geraden oder schrägen Zähnen,

b) das eine Rad kann Zähne, und das andere Treibstecken haben.

Zu den Stirn- oder Sternrädern kann man recht gut auch rechnen:

C) Die gezahnte Stange und ihr Getriebe.

Die gezahnte Stange kann ebenfalls bewegt werden.

a) Durch ein Getriebe mit Zähnen,

b) durch ein Getriebe mit Treibstecken.

II) Die Bewegung zweier Räder kann in verschiedenen Ebenen stattfinden, so daß die Axen oder Wellen in derselben, oder in verschiedenen Ebenen liegen und einen Winkel mit einander bilden.

Dieses kann geschehen:

A) Durch Kegelräder, welche auswendig in einander eingreifen.

Sie können versehen seyn:

a) Entweder beide mit Zähnen;

b) oder das eine mit Zähnen, und das andere mit Treibstecken.

B) Durch Kronräder.

C) Durch Räderwerk mit schrägen Zähnen, die blos auswendig in einander eingreifen.

Zu den zwei letzten Arten der Zahnräder, welche die Bewegung nur in senkrechte Ebenen fortpflanzen, kann man auch rechnen:

D) Das Rad der Schraube ohne Ende.

§. 11.

Beschreibung der krummen Linien, nach welchen die Zähne des Räderwerkes geformt werden müssen.

24) Die drei Arten krummer Linien, die man in den verschiedenen Fällen anwenden muß, um die Zähne des Räderwerkes gehörig zu construiren, sind, wie bereits in Art. 22 erwähnt worden ist, die Epicycloiden, die Cycloiden und die Kreisevoluten. Diese krummen Linien entstehen und werden beschrieben auf folgende Weise.

Beschreibung der Epicycloiden.

Wenn ein Kreis AB Fig. 15 um den Umfang ACDE eines festen oder unbeweglichen Kreises AM rollt, so beschreibt ein Punkt A des sich bewegenden Kreises eine krumme Linie 1, 2, 3 u. s. w., welche Epicycloide genannt wird. Der Arten der Epicycloiden sind nun drei; denn der sich bewegende Kreis B kann entweder außerhalb des festen Kreises M, oder innerhalb desselben gelegen seyn, oder die Ebenen der Kreise können einen Winkel mit einander bilden. Im ersten Falle Fig. 15 nennt man die krumme Linie eine auswendige Epicycloide; im zweiten Falle Fig. 17 heißt sie eine inwendige Epicycloide; im dritten Falle heißt sie eine kugelförmige Epicycloide. Diese krummen Linien kommen beim Beschreiben der Zähne von Stirnrädern und Kegelrädern alle drei in Betrachtung.

25) Die auswendige Epicycloide wird unter andern auf die Weise construirt: Man theile die Umfänge der beiden Kreise M und B in gleiche Theile von derselben Länge, was man auf die Weise bewerkstelligt, daß man die Zahl gleicher Theile in Verhältniß zu den Halbmessern oder

Umfängen der Kreise bringt; wenn z. B. MA : AB = 5 : 3 ist, so muß die Anzahl gleicher Theile auf dem Umfange des Kreises AM sich zur Zahl gleicher Theile auf dem Umfange des Kreises AB verhalten, wie 5 : 3; theilt man also den Umfang des Kreises AM in 20 gleiche Theile, so muß man den Umfang des Kreises AB in 12 Theile theilen, und je kleiner diese Theile genommen werden, desto genauer wird die Construction werden. Es seyen AC, CD und DE einige gleiche Theile des Umfanges von AM; man ziehe nun die Halbmesser MCa, MDb u. s. w., und aus M mit MB als Halbmesser den Bogen Babc, welcher die eben erwähnten Halbmesser in den Punkten a, b, c u. s. w. schneidet. Aus diesen Punkten beschreibe man Kreise von derselben Größe, wie der Kreis AB; dieselben werden den festen Kreis AM in den Punkten C, D, E u. s. w. berühren und auf diese Weise den sich fortbewegenden Kreis in seinen verschiedenen Ständen vorstellen. Man greife nun mit dem Zirkel einen der gleichen Theile des Kreises AB ab und trage denselben auf den Umfang der Kreise aC, bD, cE u. s. w.; man nehme nämlich auf dem ersten Kreise aC den Bogen C1 = ein Theil; auf dem zweiten Kreis bD den Bogen D2 = zwei Theile; auf dem dritten Kreise cE den Bogen E3 = drei Theile u. s. w.; wenn man dann durch die Theilpunkte 1, 2, 3 eine krumme Linie zieht, so wird diese die verlangte seyn.

Wenn man immer die ganze krumme Linie beschreiben und deshalb den beweglichen Kreis AB um den ganzen Umfang des Kreises AM verzeichnen müßte, so würde die Construction sehr langweilig seyn; es ist indessen niemals mehr, als ein sehr kleiner Theil der krummen Linie erforderlich, so daß man den Kreis AB nur in drei einander sehr nahe lie-

genden Ständen zu verzeichnen braucht, und dann ist die Construction sehr einfach.

Jedoch dürfte dieses Verfahren im Großen, oder wo man in der Praxis nicht Gelegenheit hat, die Halbmesser CM, DM u. s. w. und die Kreise aC, bD u. s. w. sauber zu zeichnen, Schwierigkeit verursachen können; alsdann kann man die Epicycloide mit ausreichender Genauigkeit auf folgende Weise beschreiben: es sey ABC Fig. 16 der feste, und DBE der bewegliche Kreis, durch dessen Umgänge die Epicycloide beschrieben werden soll; man nehme zwei Bretchen ABC, DBE, welche nach den Zirkelbogen ABC und DBE genau abgerundet sind. Diese Bretstücken sind dann kleine Kreissegmente des festen und des beweglichen Kreises. Man vereinige die Enden A und D durch eine biegsame, doch sehr wenig dehnbare Schnur ABD, oder lieber durch ein Stück Fischbein; indem man nun, vom Punkte A beginnend, das Kreisstück EBD umdreht und beständig mit dem festen Kreisstück ABC in Berührung erhält, so wird ein Stückchen Bleistift oder Kreide, welches in E befestigt ist, den Bogen FE einer Epicycloide beschreiben. Dieses Verfahren, welches eben so leicht als einfach ist, läßt sich im Großen bei der Construction der Zähne des hölzernen Räderwerks, oder wenn hölzerne Modelle für eisernes Räderwerk gefertigt werden sollen, mit Nutzen anwenden. Um sich der richtigen Bewegung des Segmentes DBE zu versichern, kann man dasselbe noch durch eine zweite Schnur EBC mit dem Segmente ABC verbinden.

26) Die inwendige Epicycloide A 1, 2, 3 Fig. 17 wird auf dieselbe Weise, wie die auswendige Fig. 15, beschrieben, nur mit dem Unterschiede, daß man nun den beweglichen Kreis innerhalb des Umfanges des festen Kreises verzeichnen muß.

Man kann sich auch, um diese krumme Linie im Großen geschwind zu ziehen, eines Verfahrens bedienen, welches dem durch Fig. 16 erläuterten ganz ähnlich ist. Die mehr oder weniger krumme Form einer inwendigen oder einer auswendigen Epicycloide hängt ab von dem Verhältnisse, welches zwischen den Längen der Halbmesser des festen und des beweglichen Kreises besteht. Bei den inwendigen Epicycloiden findet indessen diese Merkwürdigkeit statt, daß sie gerade Linien werden, sobald die Halbmesser der beweglichen Kreise gleich sind den halben Halbmessern der festen Kreise. Wenn deshalb der Durchmesser des Kreises AB Fig. 17 gleich wird dem Halbmesser AM des festen Kreises, so wird ein Punkt des ersten Kreises nicht eine krumme Linie A 1, 2, 3, beschreiben, sondern eine gerade Linie, die dann zugleich der Durchmesser des festen Kreises AM seyn muß.

27) Wenn die Ebene eines Kreises AB Fig. 18 einen Winkel macht mit der Ebene eines andern Kreises AM, und man den ersten AB mit seinem Umfange längs dem Umfange des zweiten Kreises fortrollen läßt, so daß der schräge Stand von AB auf AM sich nicht verändert, und der Winkel der Kreisebenen also derselbe bleibt, dann wird ein Punkt E des Kreises AB eine krumme Linie DEC beschreiben, welche die kugelförmige Epicycloide heißt. Die Punkte dieser krummen Linie liegen nicht in derselben ebenen Fläche, wie die Punkte der Epicycloiden Fig. 15 und 17, sondern sie liegen vielmehr in verschiedenen Ebenen; der eine Punkt liegt höher oder tiefer, als der andere, was auch bei der Schraubenlinie der Fall ist. Die Punkte der Epicycloide Fig. 18 liegen in der Oberfläche einer

Kugel, so wie die Punkte der Schraubenlinie in der Oberfläche eines Cylinders liegen.

Aus diesen Gründen kann die Gestalt einer kugelförmigen Epicycloide nur durch eine horizontale und vertikale Projection (Grundriß und Aufriß) derselben dargestellt werden. Mit Hülfe dieser Projectionen kann man die Form der krummen Linie selbst auf eine kegelförmige Scheibe, oder einen Kranz abzeichnen, um die Zähne eines Kegelrades zu construiren. Die Beschreibung und Aufzeichnung der krummen Linie mittelst ihrer Projectionen ist jedoch schwierig und umständlich, und wegen der vielen Linien, die man in der gedachten Construction ziehen muß, kann man hinsichtlich des Resultates sich selten einer absoluten Genauigkeit versichert halten. Deshalb werden diese Constructionen hier nicht vorgetragen, auch wird nicht angegeben, auf welche Weise man praktisch den Bogen einer solchen Epicycloide beschreiben kann, weil in der Praxis von diesem Verfahren doch nur eine mangelhafte Anwendung stattfinden kann (siehe hierüber ferner §. VIII.).

28) Die Cycloide oder Radlinie Fig. 19 ist eine krumme Linie von einem Punkt A eines Kreises beschrieben, welcher längs einer geraden Linie fortrollt; sie ist also eine krumme Linie, welche von einem Punkte des Felgenkranzes eines fortrollenden Rades beschrieben wird. Sie unterscheidet sich also von der Epicycloide allein dadurch, daß die Umdrehung des Kreises AB nicht längs dem Umfange eines andern Kreises stattfindet, sondern längs einer geraden Linie. Hieraus ergiebt sich nun, daß diese krumme Linie auf folgende Weise construirt werden kann. Man mache die Linie AD' an Länge gleich dem Umfange des rollenden Kreises; man theile den Umfang des Kreises AD in eine gewisse Anzahl gleicher Theile und die Linie AD' in eben so

viele gleiche Theile; man ziehe durch den Mittelpunkt B eine Linie Babc parallel mit der Basis AD'; man theile dieselbe in eben so viele Theile, als AD' und beschreibe aus den Theilungspunkten a, b u. s. w. mit AB als Halbmesser Kreise, welche die gerade Linie AD' in den entsprechenden Punkten C, D, E u. s. w. berühren werden; aus diesen Punkten trage man nun auf die entsprechenden Kreisumfänge Theile über, die den Theilen gleich sind, in welche man den Kreis AB getheilt hat, und zwar auf den ersten Kreisumfang aC einen Theil C1; auf den zweiten bD zwei Theile D2; auf den dritten drei Theile E3 u. s. w. Wenn man nun durch alle letzten Theilungspunkte 1, 2, 3 u. s. w. eine krumme Linie zieht, so ist die verlangte Radlinie gefunden.

Wenn man die Cycloide zur Construction der Zähne des Räderwerkes braucht, ist es schon hinreichend, einen kleinen Bogen derselben zu construiren; meistentheils wird es genügen für diesen Zweck, den rollenden Kreis in drei Ständen Ca, Db, Ec zu zeichnen, so daß AE die Länge eines Bogens von 60° oder ungefähr so erhält. Wenn der Kreis AB nicht sehr klein ist, so braucht man nicht erst eine Linie AD zu construiren, die der Länge seines Umfanges gleich ist, um die Gewißheit zu bekommen, daß die Theile der Linie und des Kreisumfanges sich gleich sind, sondern man wird hinlängliche Genauigkeit erlangen, wenn man auf diesem Umfange 4 oder 5 gleiche Bogen, und zwar so klein mit dem Zirkel abgreift, daß sie in der Länge nicht merklich von einer geraden Linie verschieden sind. Diese 4 oder 5 Theile kann man alsdann auf die gerade Linie AFD' in AC, CD, DE u. s. w. übertragen und hernach die Construction ganz so,

wie oben, vollenden; man erspart dadurch eine doppelte Mühe, nämlich:

a) Die Länge des Umfanges des rollenden Kreises zu construiren;

b) seinen Umfang in eine gewisse Zahl Theile einzutheilen; und so bekommt man dann sehr bald einen Bogen der Cycloide oder Radlinie.

Man kann indessen diesen Bogen auch mechanisch auf die Weise beschreiben, daß man ein Kreissegment A Fig. 20 mit einer Schnur oder einem Stück Fischbein CED an ein Lineal oder an ein ebenes Bret BD befestigt und hierauf das Segment dem Lineal entlang umdreht. Der Punkt C beschreibt alsdann den Bogen BC einer Radlinie.

29) Endlich müssen die Zähne des Räderwerkes manchmal die Form einer krummen Linie haben, die unter dem Namen der Kreisevolute bekannt ist. Dieselbe wird mechanisch beschrieben, indem man (siehe Fig. 21) eine Schnur um eine kreisförmige Scheibe schlägt und das eine Ende derselben BD dann regelmäßig abwickelt, indem man sie dabei immer gespannt hält, so daß man dieses Ende BD immer als eine Tangente des Kreises betrachten kann. Das Ende B beschreibt alsdann eine spiralförmige krumme Linie ABC, welche die Kreisevolute ist. Bedarf man nun nur eines kleinen Bogens dieser krummen Linie, so genügt es, ein kleines Kreissegment ADE zu verzeichnen, und für diesen Zweck befestigt man eine Schnur BD irgend an einem Haken ADE, und an das andere Ende B ein Stückchen Bleistift oder Kreide, womit durch die Abwickelung der Schnur der verlangte Bogen beschrieben werden wird.

Um die Kreisevolute nach den Regeln der Reisskunst zu beschreiben, verfahre man auf diese Weise: Man ziehe eine Linie ab Fig. 22 so lang, als der

ganze Umfang, oder auch nur als der halbe Umfang des Kreises AB; man theile diese Linie, wie auch den halben Umfang von AB in dieselbe Anzahl gleicher Theile und ziehe die Linien C1, D2, E3 u. s. w., welche den Kreis in den Theilungspunkten CD u. s. w. berühren; man greife mit dem Zirkel einen der gleichen Theile ac von der geraden Linie ab ab und mache auf der ersten Tangente C1 = einem Theil; auf der zweiten Tangente D2 = zwei Theilen; auf der dritten Tangente E3 = drei Theilen u. s. w. Die krumme Linie, welche dann durch die Punkte 1, 2, 3 u. s. w. gezogen wird, ist die verlangte Kreisevolute.

Wenn der Kreis AB nicht klein ist, braucht man die Construction der Länge des halben Umfanges nicht vorzunehmen; man kann, indem man die Bogen BC, CD u. s. w. klein nimmt, die Chorden BC u. s. w. für ihre Längen nehmen, und indem man alsdann diese Chorden auf die nachfolgenden Tangenten überträgt, wie oben den Theil ac von der Linie ab, bekommt man mit hinlänglicher Genauigkeit die Gestalt der krummen Linie.

§. III.

Construction der Zähne von zwei Stirnrädern, die auswendig im Eingriff mit einander stehen und so einander in Bewegung setzen.

30) Die verschiedenen Theile der Zähne eines Rades sind: der oberste Theil oder der Kopf a oder f Fig. 23; die krummen Theile oder die Flügel ab, fe (die Seiten der Zähne, in sofern sie über oder jenseits des Theilkreises ACB des Rades liegen, sind allein krumm, und die Krümmung der Zähne beginnt also am Theilkreise); die unteren Seiten cb, de der Zähne, die unter dem Theil-

kreise liegen, sind die Flanken (diese Flanken sind gerade Linien, die nach dem Mittelpunkte M des Theilkreises zulaufen, und also Theile des Halbmessers); der Raum, welcher sich unter dem Theilkreise zwischen den Zähnen befindet, heißt die Lücke der Zähne; bcde ist also die Lücke der Zähne abc, fed. Die Umdrehung der Räder erfolgt nun durch den Druck des krummlinigen Theiles eines Zahnes des ersten Rades gegen den geradlinigen oder ebenen Theil eines Zahnes des zweiten Rades, so daß die Flügel der ersten Zähne immer gegen die Flanken der anderen Zähne wirken. Auf diese Weise findet bei einer gehörigen Krümmung der Zähne sehr wenig Reibung statt, da sie auf einander rollen und sich nicht an einander abschleifen. Diese rollende Bewegung muß über die ganze Strecke der Berührung der Zähne stattfinden, wenn sie einander gerade in der Mittelpunktslinie zu berühren anfangen; denn fände die Berührung schon statt, ehe sie die genannte Linie erreicht hätten, dann würden sie während der Bewegung auf einander schleifen und eine sehr starke Reibung verursachen. Diesen Umstand kann man nun durch eine gehörige Krümmung der Flügel ganz verhindern.

Es trägt zur Stärke eines Zahnes viel bei, wenn man die Lücke desselben auf der Felge des Rades ausrundet; die Winkel c und d an der Felge müssen also, wo dieses angeht, weggeschafft werden, aber noch weit besser ist es, zwei auf einander folgende Zähne e und h durch eine gehörige Rundung g zu verbinden. Da das eiserne und kupferne Räderwerk immer gegossen wird, so kann man dieses recht gut herstellen, aber man unterläßt es zuweilen, um die Construction der hölzernen Gießform nicht zu schwierig zu machen, und zu gleicher Zeit ein um so leichteres Rad zu bekommen, — vielleicht

auch aus dem Grunde, weil die Zähne metallener Räder eine geringe Länge haben. Man thut jedoch immer besser, die Zähne auf der Felge durch eine runde Lücke mit einander zu verbinden. Für einen geschickten Arbeiter wird dadurch die Construction nicht viel schwieriger, und die Zunahme der Schwere ist unbedeutend. Bei dem hölzernen Räderwerk werden die Zähne AEB Fig. 24 durch die Felge C gesteckt; sie haben dann viereckige pyramidale Schwänze EB, deren Seiten EB, FG nach dem Mittelpunkte des Rades zulaufen, und so werden diese Schwänze gleichsam wie Keile in die dazu ausgestemmten Löcher in der Felge geschlagen, und von unten, um nicht wieder zurückzutreten, mit einem Vorstecknagel S befestigt. Die Flanken dieser hölzernen Zähne durchschneiden also rechtwinklig die Felge, aber, um ihnen eine größere Stärke zu verleihen, wird es von Nutzen seyn, ihnen die Form D zu geben, so daß sie mit einem Kragen ab auf der Felge sitzen und unten an den Flanken rund auslaufen.

Nach diesen vorläufigen Bestimmungen folgen nun die Constructionen der Zähne, wobei bemerkt werden muß, daß letztere in der Praxis blos für mittelmäßige und große Räder aus Eisen und Holz verfertigt werden, denn die Zähne des kleinen messingenen Räderwerks für Taschenuhren und andere Uhren, für sehr viele künstliche zusammengesetzte Maschinen, die zur Fabrikation verschiedener Stoffe dienen, für die Instrumente der Physiker und Astronomen u. s. w. werden, wie auch manchmal die Zähne von kleinem eisernen Räderwerk auf sogenannten Theilmaschinen mit einer Genauigkeit und einer Leichtigkeit geschnitten, die man nicht einmal annähernd erreichen würde, wenn man die Arbeit aus freier Hand verrichten wollte. Diese Con-

structionen können jedoch Licht darüber verbreiten, wie man den Sägen der Theilmaschinen die erforderliche Form geben könne. Ueber diese Theilmaschinen können wir jedoch hier nicht besonders handeln.

31) Man bestimme aus der Art der Arbeit, welche durch die Maschine verrichtet werden soll, oder aus der Geschwindigkeit der Bewegung, welche die Kraft mittheilen kann, oder welche der Last mitgetheilt werden muß, wie das Verhältniß zwischen der Zahl der Zähne von zwei auf einander wirkenden Rädern seyn müsse. Gesetzt das kleinste Rad soll 8 Umgänge machen, während das größte Rad dreimal umläuft, so muß sich die Zahl der Zähne auf dem kleinen Umfange zu der Anzahl der Zähne auf dem großen Umfange wie 3 zu 8 verhalten. Gibt man also dem kleinen Rade 15 Zähne, so bekommt das große Rad 40 oder lieber 41 Zähne. Je größer man diese Anzahl Zähne nimmt, desto besser; denn um so viel kleiner fallen alsdann die Zähne aus und können deshalb regelmäßiger in einander greifen und einander besser forttreiben; auch erlangt man dann den Vortheil, daß mehr als zwei Zähne zugleich auf einander wirken, so daß der Druck nicht auf einen einzigen Punkt ausgeübt wird, und die Zähne also weniger Gefahr laufen, zu zerbrechen, wenn die Bewegung geschwind wird und deshalb bei der Berührung Stöße stattfinden könnten. Endlich wird auch, wenn die Zähne klein sind, und einer derselben brechen sollte, dadurch weniger Unregelmäßigkeit in der Bewegung entstehen, als wenn sie groß sind.

Nachdem auf diese Weise die Zahl der Zähne bestimmt ist, muß man hieraus die Durchmesser der Räder bestimmen. Diese müssen zu einander in demselben Verhältnisse stehen, wie die Anzahl der Zähne,

und so groß genommen werden, als die Umstände es gestatten. Häufig muß man jedoch diese Bestimmung nach der Dicke der Zähne reguliren, und zwar dergestalt: aus dem Drucke, welcher auf die Zähne ausgeübt wird, kann man nach Maßgabe der Regeln, die im folgenden Kapitel aufgestellt werden sollen, immer die Dicke bestimmen, die sie auf dem Theilkreise haben müssen. Gesetzt z. B. diese Dicke ib Fig. 23 soll 4 niederländische Zoll betragen, so muß auch die Lücke be zwischen den Zähnen ebenfalls 4 Zoll betragen, wenn die Bearbeitung mit mathematischer Genauigkeit ausgeführt wird. Da aber dieses in der Praxis nicht der Fall ist, so muß ein kleiner Spielraum übrig seyn, damit die Zähne leicht und regelmäßig in einander greifen können. Dieser Spielraum muß jedoch sehr klein seyn, weil immer Abnutzung stattfindet und derselbe dadurch immer größer wird; man setze ihn z. B. $= \frac{1}{7}$ der Dicke der Zähne, so daß dann im gegenwärtigen Falle die Lücke der Zähne $4 + \frac{4}{7}$ Zoll $= 4{,}59$ Zoll wird; der Abstand ibe der Seiten zweier Zähne wird dann $= 8{,}59$ Zoll. Sollen nun 41 Zähne auf das Rad kommen, so muß der Umfang des Theilkreises $41 \times 8{,}59$ Zoll lang werden, also $= 3{,}5219$ Ellen, und der Radius des Rades wird also auf dem Theilkreise etwas größer als $\frac{1}{2}$ Elle seyn müssen. Ist diese Länge nach den örtlichen Umständen zu groß, so muß man mit Beibehaltung derselben Anzahl von Zähnen die Dicke derselben geringer annehmen; aber um ihre Stärke dann nicht zu vermindern, müssen sie auch eine verhältnißmäßige Vermehrung der Breite erfahren, und legen die örtlichen Umstände kein Hinderniß in den Weg, so geht daraus von selbst hervor, daß man auf diese Weise es häufig in seiner Gewalt hat, die Zähne dünn und

kurz zu nehmen, wodurch die Wirkung der Räder gleichförmig und regelmäßig werden muß.

32) Es seyen CD und EF Fig. 25 die Theilkreise zweier Räder, welche sich einander in a berühren; man theile jeden derselben in die bestimmte Anzahl gleicher Theile; jeden der gleichen Theile ah, ap, op auf den beiden Theilkreisen theile man nun in 15 Theile; man nehme 7 dieser Theile für die Dicke des Zahnes; die übrigen 8 Theile sind für die Weite des Zwischenraumes mit Einschluß des Spielraumes bestimmt.

Wenn das Räderwerk aus Holz verfertigt werden muß, so sey man bedacht, den Theilkreis auf die Hälfte der Länge der Zähne zu rechnen und dazu nicht den äußersten Umfang der Felge zu nehmen; man kann die Eintheilung auf diesem Umfange vornehmen, aber um die Flügel zu construiren, muß man sich der wirklichen Theilkreise bedienen.

Um die Flügel der Zähne des Rades A zu bestimmen, nehme man einen Kreis aB, welcher den Halbmesser des Rades B zum Durchmesser hat, und beschreibe mit diesem Kreise den Bogen einer Epicycloide, welche den Kreis A zum Grundkreise oder unbeweglichen Kreise hat (siehe Art. 25).

Hat man diesen Bogen auf Papier gezeichnet, so kann man ihn auf Pappe oder steifes Papier übertragen und sauber ausschneiden; er dient dann als Schablone oder Modell für die Zähne des Rades A. Hat man Zähne für großes Räderwerk zu construiren, so zeichne man diesen Bogen auf ein Bretchen und schneide ihn dann sauber aus, um das Modell zu bekommen, nach welchem alle Zähne zu formen sind. Man zeichne auf dieses Modell zugleich auch einen kleinen Bogen des Kreises A, um ihn ganz genau auf die Richtung des Theilkreises

legen zu können; dieses Modell bekommt dann die Gestalt, welche in Fig. 26 angegeben ist, so daß ac die Epicycloide, und ab ein Bogen des Theilkreises ist. Auf jeder Seite c und d eines Zahnes Fig. 25 zeichne man die Bogen ab und dc der Epicycloide ab, und diese werden dann die Form der Flügel der Zähne darstellen.

Wenn man die Flügel so weit verlängert, daß sie in einem Punkte f zusammenlaufen, so bekommt der oberste Theil der Zähne die Form efg; sie haben dann ihre volle Länge, die man ihnen jedoch (sehr kleines Räderwerk ausgenommen), niemals läßt, weil die Zähne dann nicht allein zu schwach werden, sondern auch zu weit außer der Mittelpunktslinie auf einander wirken würden, wodurch das Eingreifen der Zähne mit Stößen verbunden seyn könnte rc. Man ist also genöthigt, die Zähne des Räderwerkes kürzer zu machen; und man bekommt dieselben meistentheils von gehörigen Dimensionen, wenn sie einander so weit vor der Mittelpunktslinie vorbeiführen, daß der durchlaufene Bogen einmal oder anderthalbmal die Theilung oder die Schrift der Zähne beträgt. Dieser Bogen ist also so groß, daß er zwei Zähne mit ihren entsprechenden Lücken umfaßt, und auf diese Weise ist man zugleich sicher, daß während der Bewegung wenigstens zwei Zähne mit zwei andern im Eingriffe stehen.

Man greife z. B. auf dem Theilkreise des Rades B einen Bogen ap ab, welcher von der Linie der Mittelpunkte AB an gerechnet, etwas mehr beträgt, als eine einfache Theilung, und beschreibe aus A mit Ap als Halbmesser einen Kreis, welcher durch die Köpfe der Zähne läuft und die richtige Höhe derselben über dem Theilkreise bestimmt. Sind die Flügel und Zähne auf diese Weise vollkommen bestimmt, so ziehe man aus dem Mittelpunkte A bis

an die äußersten Enden h, d u. s. w. der Flügel auf dem Theilkreise die Halbmesser Ad, Ah 2c. Diese Halbmesser bezeichnen die Richtungen der Flanken. Die Tiefe der Lücken unter dem Theilkreise muß etwas größer seyn, als die Höhe der Zähne über dem Theilkreise, damit die Köpfe der Zähne des Rades B beim Eingriff nicht an die Felge des Rades A anstoßen; man nehme deshalb qh etwas größer, als rh; man beschreibe mit Aq als Halbmesser einen Kreis, welcher die Tiefe der Lücken bestimmen wird; man runde endlich die Winkel q, n 2c. aus, so daß die Flanken sich sanft auf der Felge verlaufen, wobei man jedoch Sorge tragen muß, die Bogen q, n u. s. w. nicht zu groß zu nehmen, damit sie von den Zähnen des Rades B nicht berührt werden.

Um die Zähne des Rades B zu formen, verfahre man auf dieselbe Weise, wie beim Rade A, so daß

a) die Flügel der Zähne des Rades B geformt werden müssen durch den Bogen einer Epicycloide, die beschrieben wird durch das Fortrollen des Kreises AF'aG, um den Kreis B (es ist der Durchmesser aA des rollenden Kreises gleich dem Halbmesser des Theilkreises des Rades A);

b) die Höhe der Flügel über dem Theilkreise des Rades B, nebst der Tiefe der Lücken unter dem Theilkreise vollkommen gleich wird der Höhe und Tiefe der Zähne des Rades A.

33) Da die Umdrehung der Räder wegen des Druckes der Flügel des Rades A auf die Flanken der Zähne des Rades B erfolgt, und also die krummen Theile auf die ebenen Theile der Zähne wirken, und ferner diese krummen Theile niemals gegenseitig in Berührung sind, so leuchtet es von selbst ein, daß, wenn das Rad A die Bestimmung hat,

das Rad B in Umgang zu bringen, ohne jemals selbst vom Rad B in Bewegung gesetzt zu werden, es auch nicht nöthig ist, daß die Zähne des Rades B mit Flügeln versehen werden.

Wenn ferner die Richtung der Bewegung von A immer dieselbe ist, z. B. immer von rechts nach links, und niemals in entgegengesetzter Richtung von links nach rechts, so müssen allein die linken Flügel c d u. s. w. der Zähne von A mit den Flanken der Zähne von B in Berührung kommen, ohne daß die rechten Flügel a b u. s. w. jemals mit den Flanken von B in Berührung stehen. Es wird deshalb schon auslangend seyn, die eine Seite der Zähne des treibenden Rades A nur mit Flügeln zu versehen.

In dem ersten erwähnten Falle werden die Zähne des Rades A durch keine tiefen Lücken von einander geschieden seyn, und also kürzer werden. Dadurch bekommen sie eine größere Stärke, oder können in größerer Zahl auf die Umfänge der Räder vertheilt werden. Man braucht dann die Köpfe der Zähne des Rades B nur durch einen Halbkreis abzurunden, um die scharfen Ecken der Flankenenden, wodurch Stöße veranlaßt werden könnten, wegzunehmen. Die Zähne der Räder bekommen dann die Gestalt, welche in der obern Hälfte des Rades B, und in der untern Hälfte des Rades A dargestellt ist; und in dieser Gestalt kann man sie anwenden für den Fall, daß das eine Rad B immer durch das andere Rad A getrieben wird, also A niemals durch B seine Bewegung empfängt; denn sollte letzteres gleichfalls stattfinden, so müßte man die Zähne von B eben sowohl als diejenigen von A mit Flügeln versehen. Niemals macht man jedoch die Flügel der Zähne nur an eine Seite, wenn, wie in dem zweiten der oben

erwähnten Umstände die Richtung der Bewegung des treibenden Rades immer dieselbe ist, da die mehrere Mühe, die Zähne an zwei Seiten mit Flügeln zu versehen, nicht in Anschlag zu bringen ist, und man dabei den Vortheil hat, daß, wenn sich die Zähne durch die immer stattfindenden Unregelmäßigkeiten an der einen Seite sehr abgeschliffen haben, dieselben umgesetzt werden können, besonders wenn sie durch die Felgen gesteckt sind, oder daß man die Räder umkehren kann, wenn die Zähne mit den Felgen ein Ganzes ausmachen, wie dieses meistentheils bei dem gegossenen Räderwerke der Fall ist. Alsdann ist es eben so gut, als ob die Räder neue Zähne bekommen hätten.

34) Die vorgetragenen Regeln müssen in jedem Falle stets auf dieselbe Weise angewendet werden, wie auch das Verhältniß zwischen den Durchmessern der Räder beschaffen seyn möge; sie erleiden jedoch eine kleine Modification für den Fall, daß eins der Räder in Verhältnisse zum andern sehr klein ist: alsdann muß man die Dicke der Zähne des kleinen Rades größer nehmen, als diejenige des großen Rades. Der Grund dafür liegt auf der Hand: die Zähne des kleinen Rades kommen nämlich bei jedem Umgange des großen Rades mehrmals mit den Zähnen des letztern in Berührung, unterliegen deshalb einer größern Abnutzung und müssen aus diesem Grunde etwas dicker genommen werden. Um wie viel dicker diese Zähne als diejenigen des großen Rades genommen werden müssen, ist immer etwas unsicher. Für kleine Räder oder Getriebe, welche nicht weniger als 12 Zähne haben, wendet man das Verhältniß von 4 zu 3, und für Getriebe, welche zwischen 6 und 12 Zähne haben, das Verhältniß von 5 zu 3 an. Man begeht keinen Fehler, wenn man sich an diese Verhältnisse

hält, obschon man dieselben noch geringer annehmen kann, sobald die Anzahl der Zähne beider Räder weniger verschieden ist.

Die Bedeutung der eben gedachten Verhältnisse ist ganz deutlich. So giebt z. B. das erste von 4 zu 3 zu erkennen, daß, wenn man die Zähne des Rades um drei Theile dick macht, die Zähne des Getriebes eine Dicke von 4 solchen Theilen bekommen müssen. Man muß hierauf bei der Eintheilung der Schrift Rücksicht nehmen, denn die Lücken der Zähne des großen Rades müssen dann weit genug genommen werden, um die Zähne des Getriebes aufnehmen zu können, wogegen die Lücken der Zähne des Getriebes weniger weit zu seyn brauchen.

Wenn man deshalb die Theilung oder die Schrift in 15 Theile getheilt hat, so nehme man 8 Theile für die Dicke der Zähne des Getriebes, und 6 Theile für diejenige des Rades; die Lücke der Zähne wird dann fürs Rad auf dem Theilkreise 9 Theile, und für das Getriebe 7 Theile weit, übrigens bleibt die Construction in allem ganz so, wie oben vorgeschrieben ist.

Dontin hat in dieser Beziehung in Buchanan's Millwork folgende Tabelle mitgetheilt, welche den Halbmesser für jedes Rad von 10 bis 280 Zähnen angibt, bei einer Theilung von 2 engl. Zollen.

Zähne	Radius in Zollen	Zähne	Radius	Zähne	Radius
10	3,236	16	5,126	22	7,027
11	3,549	17	5,442	23	7,344
12	3,864	18	5,759	24	7,661
13	4,179	19	6,076	25	7,979
14	4,494	20	6,392	26	8,296
15	4,810	21	6,710	27	8,614

Zähne	Radius in Zollen	Zähne	Radius	Zähne	Radius
28	8,931	61	19,425	94	29,927
29	9,249	62	19,744	95	30,245
30	9,567	63	20,062	96	30,563
31	9,885	64	20,382	97	30,881
32	10,202	65	20,698	98	31,200
33	10,520	66	21,016	99	31,518
34	10,838	67	21,335	100	31,836
35	11,156	68	21,653	101	32,155
36	11,474	69	21,971	102	32,473
37	11,792	70	22,289	103	32,791
38	12,110	71	22,607	104	33,109
39	12,428	72	22,926	105	33,427
40	12,746	73	23,244	106	33,746
41	13,064	74	23,562	107	34,064
42	13,382	75	23,880	108	34,382
43	13,700	76	24,198	109	34,700
44	14,018	77	24,517	110	35,018
45	14,336	78	24,835	111	35,337
46	14,654	79	25,153	112	35,655
47	14,972	80	25,471	113	35,974
48	15,290	81	25,790	114	36,292
49	15,608	82	26,108	115	36,611
50	15,926	83	26,426	116	36,929
51	16,244	84	26,741	117	37,247
52	16,562	85	27,063	118	37,565
53	16,880	86	27,381	119	37,883
54	17,198	87	27,699	120	38,202
55	17,517	88	28,017	121	38,320
56	17,835	89	28,336	122	38,888
57	18,153	90	28,654	123	39,156
58	18,471	91	28,972	124	39,475
59	18,789	92	29,290	125	39,793
60	19,107	93	29,608	126	40,111

Zähne	Radius in Zollen	Zähne	Radius	Zähne	Radius
127	40,429	160	50,933	193	61,436
128	40,748	161	51,251	194	61,755
129	41,066	162	51,569	195	62,073
130	41,384	163	51,888	196	62,392
131	41,703	164	52,206	197	62,710
132	42,021	165	52,524	198	63,028
133	42,339	166	52,843	199	63,346
134	42,657	167	53,161	200	63,665
135	42,976	168	53,479	201	63,983
136	43,294	169	53,798	202	94,301
137	43,612	170	54,116	203	64,620
138	43,931	171	44,434	204	64 938
139	44,249	172	54,752	205	65,256
140	44,567	173	55,078	206	65,574
141	44,885	174	55,389	207	65,893
142	45,204	175	55,707	208	66,211
143	45,522	176	56,026	209	66,529
144	45,840	177	56,344	210	66,848
145	46,158	178	56,662	211	67,166
146	46,477	179	56,980	212	67,484
147	46,795	180	57,299	213	67,803
148	47,113	181	57,617	214	68,121
149	47,432	182	57,935	215	68,439
150	47,750	183	58,253	216	68,757
151	48,068	184	58,572	217	69,075
152	48,387	185	58,890	218	69,349
153	48,705	186	59,209	219	69,712
154	49,023	187	59,527	220	70,031
155	49,341	188	59,845	221	70,349
156	49,660	189	60,163	222	70,667
157	49,978	190	60,482	223	70,985
158	50,296	191	60,800	224	71,304
159	50,615	192	61,118	225	71,622

Digitized by Google

Zähne	Radius in Zollen	Zähne	Radius	Zähne	Radius
226	71,941	244	77,670	262	83,399
227	72,258	245	77,988	263	83,717
228	72,577	246	78,306	264	84,038
229	72,895	247	78,625	265	84,354
230	73,214	248	78,943	266	84,673
231	73,532	249	79,261	267	84,991
232	73,850	250	79,580	268	85,309
233	74,168	251	79,898	269	85,627
234	74,487	252	80,216	270	85,946
235	74,805	253	80,534	271	86,265
236	75,123	254	80,853	272	86,582
237	75,441	255	81,171	273	86,900
238	75,760	256	81,489	274	87,219
239	76,078	257	81,808	275	87,537
240	76,397	258	82,126	276	87,855
241	76,715	259	82,444	277	88,174
242	77,033	260	82,763	278	88,462
243	77,351	261	83,081	279	88,810

Es läßt sich daraus leicht der Halbmesser für jede andere Theilung berechnen.

Beisp. Wie groß ist der Radius eines Rades von 125 Zähnen bei einer Theilung von $3\frac{1}{4}''$?

Antw. Die Tafel giebt für eine 2zöllige 39,793″ an, man setze also:

$$2 : 3\tfrac{1}{4} = 39{,}793'' : x \text{ oder } 64{,}664''.$$

35) Der allerregelmäßigste Gang von zwei Rädern findet statt, wenn ihre Durchmesser gleich sind, denn alsdann sind die Flügel und Flanken in beiden Rädern gleich groß; die Zähne haben dieselbe Dicke und gleiche Zwischenräume; sie wirken also außer der Mittelpunktslinie gleichmäßig auf einan-

der, und es werden immer wenigstens zwei Zähne im Eingriffe seyn. Man muß deshalb immer dahin streben, daß die Zahl der Zähne in beiden Rädern so wenig als möglich verschieden sey, besonders berücksichtige man aber, einem Getriebe nicht zu wenig Zähne zu geben; denn da die Flanken der Zähne eines Getriebes viel kleiner sind, als diejenigen des Rades, so können sie durch die Flügel der Zähne des Rades nicht weit aus der Mittelpunktslinie geführt werden, wo dann der Fall eintreten kann, daß die folgenden Zähne einander noch nicht gefaßt haben, wenn die vorhergehenden einander bereits verlassen haben; und daraus müssen nothwendig nachtheilige Stöße entstehen. Dasselbe kann eintreten, wenn das Rad durch das Getriebe in Bewegung gesetzt wird; alsdann können, wegen der größern Krümmung der Flügel des Getriebes, die folgenden Zähne einander bereits zu berühren beginnen, bevor sie in die Linie der Mittelpunkte gelangt sind, was selten geschehen kann, ohne daß die Köpfe der Zähne des Rades gegen die Flanken der Zähne des Getriebes anstoßen (dergleichen Stöße, Rucke u. s. w. finden auch statt, wenn die Zähne eines Rades ungleiche Flügel und ungleiche Dicke haben, woraus man abnehmen kann, wie viel darauf ankommt, den Zähnen die gehörigen gleichmäßigen Dimensionen und überall einerlei richtige Form zu geben); man gebe alsdann einem Getriebe nicht zu wenig Zähne: 8 Zähne ist beinahe das Minimum; weil jedoch die nöthige Zahl der Zähne mehr abhängt von dem Verhältnisse zwischen den Durchmessern von Rad und Getriebe, und weil auch die Form der Zähne und die Extension der Flanken von diesen Durchmessern abhängig ist, so ist es besser, daß man in dieser Hinsicht sich eine bestimmte Grenze setze und den Durchmesser eines Getriebes

selten geringer nehme, als $\frac{1}{8}$ des Durchmessers des entsprechenden Rades, so daß man alsdann lieber ein Zwischenrad anwendet, als das Getriebe kleiner zu nehmen, wenn es auf einen Umgang des Rades mehr als 6 Umgänge machen soll.

Um ein Rad in seinen Dimensionen vollständig abzuzeichnen, muß man zwei Stellungen desselben nehmen, die eine nämlich, wie es in horizontaler Lage gesehen wird, und die andere, wie es sich in vertikaler Stellung oder auf der Breite der Felge aufruhend, darstellt. Diese Stellungen sind also dasselbe, was man sonst horizontale und vertikale Projection, oder Grundriß und Standriß nennt. Beide sind in Fig. 1 gegeben, wo die verschiedenen Linien zur Genüge anzeigen, wie die vertikale Projection PQR aus der horizontalen erlangt wird, wenn man die Breite ab der Zähne als gegeben oder bekannt annimmt.

§. IV.

Construction eines Stirnrades und Drillings, die einander auswendig durch Zähne und Treibstecken in Bewegung setzen.

36) Bei sehr großem hölzernen Räderwerk, wie man dieses in Roßmühlen, Wassermühlen und Windmühlen antrifft, bedient man sich sehr selten kleiner Räder zu Getrieben, sondern man ist gewohnt, sogenannte Drillinge oder Drehlinge anzuwenden. Ein Drilling ist eine Art von Rad, bestehend aus zwei parallelen Scheiben AB und CD Fig. 27, welche durch cylindrische Stäbe ad, be u. s. w., die alle gleich groß sind, und gleichen Abstand von einander haben, mit einander verbunden sind. Diese Stäbe oder Stecken vertreten hier die Stelle der Zähne. Wenn nur eine Scheibe AB Fig. 28 vor-

handen ist, in welcher die Zähne befestigt sind, so nennen wir diese ebenfalls Drilling, die Holländer aber Bonkelaar. Die Stäbe oder Treibstecken a d, b e u. s. w. sind dann nur halb so lang, wie bei dem gewöhnlichen Drilling. Das Rad, welches mit dem Drillinge verbunden ist, heißt ein Sternrad oder ein Stirnrad, und die Wirkung beider erfolgt in derselben Ebene.

Da die Treibstecken Cylinder und ihre Durchschnitte Kreise sind, und sie die Stelle der Zähne oder Kammen vertreten, so ist die Form der Kammen eines der Räder gegeben, und es ist folglich nur noch nöthig, die Form der Zähne des andern Rades zu bestimmen, welche Bestimmung nun des eben erwähnten Umstandes halber etwas anders geschehen muß, als in dem vorhergehenden Falle (§. III.), wo beide Räder mit Zähnen versehen werden mußten. Die Construction für unsern Fall ist folgende:

37) Es sey AC Fig. 29 der Theilkreis des Stirnrades; der mit BD beschriebene Kreis sey der äußere Rand der Scheibe des Drillings; wenn man nun bestimmt hat, daß der Hebelarm der Treibstekken, nämlich der Abstand ihres Mittelpunktes vom Mittelpunkt B = BE oder BC seyn soll, so wird der mit BC als Halbmesser beschriebene Kreis, welcher den Kreis AC berührt, der Theilkreis der Treibstecken seyn. Man theile diesen Theilkreis in so viele gleiche Theile, als Treibstecken in den Drilling kommen sollen. Einer dieser Theile sey ab, und man theile denselben wiederum in 15 Theile, von denen 8 für die Dicke der Treibstecken genommen werden. Mit dieser halben Dicke als Radius, d. h. mit 4 der eben genannten gleichen Theile, beschreibe man nun aus jedem der Theilpunkte a, b u. s. w.

kleine Kreise, welche die Durchschnitte der Treibstecken darstellen werden.

Man theile den Theilkreis des Stirnrades in so viele gleiche Theile, als dasselbe Zähne bekommen soll; und nachdem jeder dieser Theile wiederum in 15 Theile getheilt ist, so nimmt man für die Dicke der Zähne 6 Theile, wenn der Durchmesser des Drillings viel kleiner ist, als der Durchmesser des Stirnrades (und dieses geschieht aus demselben Grunde, welcher in Art. 34 für das Rad und das Getriebe angegeben ist), was meistens der Fall ist; differiren diese jedoch wenig von einander, so kann man die Dicke der Zähne und der Treibstecken ganz gleich nehmen, jedoch jeden dann nur = 7 Theilen und nicht = 8 Theilen.

Man beschreibe um AC, als unbeweglichen Kreis, mit dem Theilkreise BC, als beweglichen Kreis, auf die in Art. 25 angegebene Weise den Bogen einer Epicycloide. Es sey GH Fig. 30 dieser Bogen, welcher die richtige Form der Flügel der Zähne bezeichnet, wenn die Treibstecken keine Dicke hätten. Da aber dieses nicht der Fall ist, so muß man mit dem Halbmesser des Durchschnittes der Treibstecken einige kleine Kreise dicht neben einander beschreiben, so daß die Mittelpunkte derselben auf den Bogen GH kommen. Die krumme Linie gh, die man dann, den Umfängen dieser kleinen Kreise entlang, beschreibt, wird die richtige Form der genannten Flügel angeben. Hat man sich nun von dieser krummen Linie, wie in Fig. 26, eine Schablone gemacht, so kann man auf dem Theilkreise AC Fig. 29 von den gemachten Theilpunkten aus die zwei Flügel jedes Zahnes beschreiben.

Die Höhe dieser Flügel nehme man so, daß, wenn ein Zahn c gerade in der Linie der Mittelpunkte ACB ist, der folgende Zahn e nicht gegen

den folgenden Treibstecken d stößt, sondern sich ganz unbehindert vor demselben vorüber bewegen kann.

Die Zähne eines Stirnrades haben keine Flanken, oder brauchen keine zu haben, denn es sind die Flügel der Zähne, welche die Treibstecken immer im Theilkreise des Drillings ergreifen und auf diese Weise forttreiben. Deshalb braucht man nur allein auf die Lücken der Zähne Rücksicht zu nehmen und dieselben etwas tiefer als die halbe Dicke der Treibstecken zu nehmen. Man kann diese Lücken mittelst eines Halbkreises ausrunden, wie in f, oder (wenn die Zähne, wie gewöhnlich, nicht mit dem Felgenkranze aus dem Ganzen sind, sondern in den Umfang desselben eingesetzt werden), die Seiten der Zähne geradlinig machen, wie in g, gleichsam als ob sie Flanken haben müßten, wobei man jedoch, wo es angehen will, diejenige Form der Zähne oder Kammen nimmt, welche bei D Fig. 24 dargestellt ist.

Bei dieser Form der Kammen werden das Rad und der Drilling regelmäßig auf einander wirken, und man kann sowohl das Rad durch den Drilling, als letztern durch das Rad in Umdrehung versetzen. Um die Form für die Flügel der Kammen zu bekommen, hat man sich also hier, wie im vorhergehenden Falle (§. III.) einer Epicycloide bedient. Aber in dem vorhergehenden Falle war der Durchmesser des beweglichen Kreises gleich dem Halbmesser BC des Theilkreises, da er bei einem Rade und Drilling gleich seyn muß dem Durchmesser des Theilkreises, und dieses findet, wie wir weiter unten sehen werden, überall statt, wo man einen Drilling anwendet.

Fig. 31 stellt einen Drilling nebst Rad von der Seite gesehen dar, d. h. also in einer Ebene, welche die Ebene der Bewegung rechtwinkelig durchschneidet.

Obschon man ein Rad und einen Drilling meistens bei großem hölzernen Räderwerk anwendet, so läßt sich doch auch das eiserne Räderwerk unter dieser Form anwenden.

38) Eben so, wie es bei den Getrieben der Fall ist, so muß man auch bei den verschiedenen Drillingen die Zahl der Treibstecken möglichst groß nehmen, und besonders dann, wenn sie bestimmt sind, große Stirnräder in Bewegung zu setzen. Um Rucke und Stöße zu verhindern, sind 10 bis 12 Treibstecken auf 60 bis 70 Kämme im Stirnrade zu wenig, da man besonders berücksichtigen muß, daß das Räderwerk hier groß ist und die Drucke nicht gering sind, wodurch dann die Abnutzung beträchtlich und von einem nachtheiligern Einfluß auf die Regelmäßigkeit des Ganges der Maschine seyn kann, je kleiner die Zahl der Treibstecken ist. Darum nimmt man die Zahl derselben selten kleiner, als $\frac{1}{4}$ der Zähne des entsprechenden Rades, wenn nämlich andere Umstände, z. B. das Verhältniß zwischen den Geschwindigkeiten der Räder es nicht gebieten oder zulassen, diese Zahl noch größer zu nehmen. Diese Bemerkung ist auch in jedem Falle gültig, so daß das Gesagte in der Folge immer vorausgesetzt werden soll, wenn von anderen Verbindungen der Räder und Drillinge gehandelt werden wird.

Man scheint Drillinge mit Treibstecken statt großer Getriebe mit Zähnen aus folgenden Gründen anzuwenden:

a) Weil kurze Treibstecken zwischen Scheiben eingeschlossen, oder kurze Kammen in Scheiben eingesetzt, viel stärker sind als Zähne, und also nicht Gefahr laufen, durch den großen Druck, den sie meistentheils fortzupflanzen haben, zu zerbrechen.

b) Weil die Treibstecken, wenn sie sich auf einem Punkte abgenutzt haben, dreimal umgesetzt werden

können und dann immer mit einem unverletzten Theile ihrer Oberfläche auf die Kammen des entsprechenden Rades wirken, während ein Zahn nur ein einziges Mal umgekehrt werden kann. Indem man den Drilling höher und niedriger stellt, ist man sogar im Stande, mehr als viermal eine frische Seite auf die Zähne wirken zu lassen.

c) Weil man die Treibstecken auf der Drehbank sauber drehen und dadurch versichert seyn kann, daß die wirkenden Theile eines der Räder ihre richtige Form erhalten, und daß die Reibung mehr eine rollende, als eine schleifende wird.

Sobald jedoch die Zähne des Rades nicht sehr genau geformt sind, findet immer starke Abnutzung statt; die Treibstecken verlieren dann ihre Rundung und werden platt, die Bewegung verliert an Genauigkeit, und die Reibung wird größer. Man kann dieses verhindern, wenn man die Treibstecken nicht in den Scheiben ganz fest stellt, sondern dieselben sich um Zapfen drehen läßt, deren Lager in den Scheiben befestigt sind. Hierdurch wird die Zusammenstellung zwar schwieriger und kostbarer, aber die Bewegung soll sanfter, die Reibung geringer, die Abnutzung der Stecken gleichmäßig und das Umsetzen derselben ganz unnöthig seyn. Es läßt sich jedoch begreifen, daß diese Einrichtung im Großen weniger den Vorzug verdient, und zwar wegen der Abnutzung der Zapfen der Treibstecken in ihren Lagern. In Folge dieser Abnutzung behalten die Treibstecken nicht beständig ihren vertikalen Stand, sondern bekommen zu viel Spielraum und sollen endlich schlottern, wodurch die Zwischenräume veränderlich werden, was wieder eine Ungenauigkeit im Eingriffe zur Folge haben muß.

Drillinge mit einer Scheibe wendet man an, weil sie wohlfeiler sind, oder wenn die zweite Scheibe für die Bewegung der Maschine hinderlich seyn sollte,

wie dieses bei Kronrädern, wo diese Art des Drillings ganz besonders gebräuchlich ist, leicht der Fall seyn kann. Aber obschon man die Treibstöcke eines Drillinges mit einer Scheibe mit viereckigen Köpfen in viereckige Löcher der Scheibe äußerst gut befestigen kann, so haben sie doch immer nur einen Stützpunkt und sind immer nicht so stark, als die Stecken eines eigentlichen Drillings, können auch nie so eingerichtet werden, daß sie sich um Zapfen drehen.

§. V.

Construction zweier Räder, die inwendig in einander eingreifen, und zwar mit Zähnen auf Zähne, oder mit Zähnen auf Treibstecken.

39) Obschon das inwendige Räderwerk nicht viel gebraucht wird, so müssen wir doch, da der Fall vorkommen kann, die Construction desselben kürzlich angeben.

Es sey AD Fig. 32 der Umfang eines Rades, welches inwendig gezahnt werden muß, um durch ein kleineres Rad oder Getriebe BD, welches innerhalb des Umfanges von AD angebracht ist, in Bewegung gesetzt zu werden. Man bewerkstellige die Eintheilung der Umfänge der Räder gleichsam, als ob sie auswendig auf einander wirkten, wie im ersten Falle §. III; man mache auch auf dieselbe Weise die Theilung zwischen der Dicke und den Lücken der Zähne und beschreibe alsdann nach Art. 26 den Bogen DE einer innern Epicycloide, wozu man einen beweglichen Kreis DCB nimmt, dessen Halbmesser CD gleich ist dem halben Radius BD des Rades BD; dieser Bogen wird die Form der Flügel der Zähne des Rades bestimmen. Man trage also diesen Bogen auf jeder Seite der Vertheilungen der Zähne auf und nehme die Flügel

so doch innerhalb des Theilkreises A D, daß, wenn zwei Zähne einander in der Linie der Mittelpunkte berühren, die vorhergehenden Zähne einander noch nicht verlassen haben, für welchen Zweck man die in §. III. angegebene Regel befolgen kann.

Es wäre nun noch übrig, die Flanken und Lücken der Zähne des Rades A D nebst den Flügeln der Zähne von B D zu construiren; doch in diesem Betreffe muß bemerkt werden, daß, da die Flanken der Zähne vom Ende a der Flügel nach dem Mittelpunkte A zulaufen müssen, sie in den Umfang des Theilkreises A D fallen werden, was nicht stattfinden kann, es müßte denn der Zahn a D nicht vorhanden seyn und also das große Rad durch das kleine umgetrieben werden. Noch viel weniger können die Lücken zwischen den Zähnen bestehen, und obgleich man sie außer den Umfang des Theilkreises könnte fallen lassen, wie in F, so würden die Flügel der Zähne von B D, wenn sie einmal zwischen den Zähnen von A D lägen, nur schwierig aus denselben gedreht werden können, es müßte denn B D in Bezug auf A D sehr klein seyn. Hieraus folgt also, daß das Rad A D meistentheils als das Treibrad genommen werden muß; es bekommt dann Flügel ohne Flanken und Lücken, und die Zähne von B D haben blos, wie sich auch deutlich aus der Fig. ergiebt, Flanken, die nach dem Mittelpunkte B zulaufen. Wollte man das Umgekehrte eintreten lassen, nämlich das Rad A D durch das Rad B D in Bewegung setzen lassen, so müßten die Zähne von A D allein aus Flanken, und diejenigen von B D allein aus Flügeln bestehen. Dieses kann stattfinden, wenn die Zähne beider Räder sehr klein sind, und der Radius des Getriebes B D viel kleiner ist, als derjenige des Rades A D, obschon das Räderwerk in diesem Falle noch immer unvollkommen bleibt.

Statt eines Getriebes BD kann man auch einen Drilling BC Fig. 33 oder einen Drilling mit einer Scheibe anwenden. Wenn man alsdann die Eintheilung der Theilkreise und der Schrift oder Theilungen auf dieselbe Weise bewerkstelligt hat, wie in Art. 37, so beschreibe man mit dem ganzen Kreise BC, als beweglichem Kreise, und auf dem Umfange von AC, als festem Kreise, den Bogen einer inwendigen Epicycloide, und nachdem man aus den Punkten dieses Bogens, wie in Fig. 30, eine Menge kleiner Kreise construirt hat, die den Durchschnitten der Treibstecken gleich sind, so wird die krumme Linie, die längs dieser kleinen Kreise gezogen wird, die Form der Flügel der Zähne des Rades AC angeben: die Lücken werden halbe Kreise, wie die Fig. angiebt u. s. w.

Wenn der Durchmesser des Getriebes BC gerade gleich wird dem Radius AC des Rades, so wird die inwendige Epicycloide (siehe Art. 26) eine gerade Linie: die Flügel der Zähne oder Kammen werden dann Flanken oder lieber Theile von Halbmessern, die nach dem Mittelpunkte A laufen; sie bekommen dann die Form G, oder lieber die Form H, da es jederzeit zweckmäßig ist, die Kammköpfe abzurunden und die scharfen Kanten der Zähne wegzunehmen, welche bei einer etwas unregelmäßigen Bewegung dazu beitragen können, daß die Stöße gegen die Treibstecken sehr nachtheilig werden.

Uebrigens leiden die Bemerkungen, welche im vorhergehenden Art. gemacht worden sind, hier keine Anwendung, da man sich leicht überzeugen kann, daß der Drilling, oder der Drilling mit einer Scheibe BC sowohl, als das Rad AC zum Treibrade genommen werden können.

§. VI.

Ueber das auswendige Räderwerk mit schrägen Zähnen.

41) Die Richtung der Zähne auf dem Umfange der Räder ist meistentheils, wie sich aus Fig. 1 ergiebt, der Axe parallel, d. h. sie steht lothrecht auf der Ebene des Rades; man kann jedoch diese Richtung auch schräg nehmen, wie in Fig. 34 dargestellt ist. Die Zähne der auf einander wirkenden Räder können dann eben so gut in einander greifen, als wenn sie eine parallele Richtung zur Axe haben.

Man wendet dieses manchmal an, wenn die Räder sehr genau mit einer großen Geschwindigkeit bewegt werden müssen und zugleich einen großen Druck auf einander ausüben. Es ist in der That sehr leicht einzusehen, daß wegen der schiefen Stellung a b und c d der Zähne immer wenigstens zwei mit einander im Eingriffe seyn müssen, d. h. wenn ein Zahn den vordern Theil c von c d zu berühren beginnt, so hat der vorhergehende Zahn den hintersten Theil g von a b noch nicht verlassen, die Zähne des einen Rades kommen demnach auf alle die Punkte der Zähne des andern Rades; sind nun die Zähne klein, so wird die Bewegung wegen dieser Genauigkeit des Eingriffes höchst genau seyn können, und eine große Geschwindigkeit der Bewegung wird deshalb mit Regelmäßigkeit gepaart seyn.

Andern Theils leuchtet es auch ein, daß die schrägen Zähne stärker sind, als die geraden, und zwar, weil man

a) überzeugt ist, daß der Eingriff wenigstens bei zwei Zähnen stattfindet;

b) weil der Druck a b Fig. 35, welche die Zähne auf einander ausüben, schräg gerichtet ist, und weil folglich der geradlinige Druck c b, der

lothrecht auf die Zähne ausgeübt wird, und durch welchen sie allein brechen können, kleiner oder weniger stark ist, als der erste Druck ab;

c) weil die schrägen Zähne breiter sind als die geraden, deren Breite nicht größer ist, als die Dicke oder die Breite der Räder;

d) weil endlich der Druck beständig auf andere Punkte derselben Zähne stattfindet, so daß die entsprechenden Theile zweier Zähne sehr kurze Zeit mit einander in Berührung bleiben.

Wenn deshalb die Zähne schräg genommen werden, so braucht man das Rad nie so breit oder dick zu nehmen, als es bei Anwendung gerader Zähne der Fall seyn müßte, so daß dasselbe dann häufig viel leichter werden kann; die Zähne brauchen dann auch nicht die Dicke zu haben, wie in dem Falle, wo sie gerade auf dem Umfange stehen.

Der einzige Nachtheil, der aus dem schrägen Stande der Zähne entspringen kann, ist der, daß sie, wegen des schrägen Druckes, in der Richtung ihrer Breite, sich mehr abzunutzen pflegen.

42) Um die Zähne des sogenannten schrägen Räderwerkes zu construiren, braucht man absolut keine anderen Regeln, als diejenigen, welche in §. III für die Construction der Stirnräder angegeben worden sind; die Form der Zähne, oder lieber der Flügel, wird über die ganze Breite ab, oder cd Fig. 34 vollkommen dieselbe, als ob sie gerade auf den Umfang und parallel der Axe eingesetzt wären, wenn man diese Form durch einen Durchschnitt der Zähne, parallel den Seitenflächen AB und CD des Rades, sich als bestehend denkt.

Der Grad der Schrägheit der Zähne darf vor Allem nicht zu groß genommen werden, denn sonst werden sie erstlich zu schräg gedrückt werden, und endlich durch eine ungleiche Abnutzung aufhören, re-

gelmäßig in einander zu greifen; zweitens wird dann die Construction zu schwierig, denn im strengsten Sinne ist jeder Zahn a b in seiner ganzen Extension nicht geradlinig, sondern krummlinig und schraubenförmig, da der Umfang des Rades ein Theil von einer Cylinderfläche ist, auf welche jede Linie, welche schräg durch die Richtung der aufrechtstehenden Seiten gezogen wird, die Form einer Schraubenlinie hat. Je weniger schräg eine solche Linie gezogen wird, desto weniger weicht sie von der geraden Linie ab, und desto leichter ist die Construction. Man nehme nun den Grad von Schräg-heit so groß, daß die vordere Seite e eines Zahnes gerade gegenüber der hintern Seite f des vorhergehenden Zahnes liegt, wie solches durch die Linie fe, welche parallel mit der Axe läuft, angedeutet wird. Alsdann wird die Seite eines Zahnes die Hypothenuse fg eines rechtwinkligen Dreieckes, dessen Catheten die Breite fe des Rades und die Lücke ge der Zähne sind; und diese Hypothenusen werden dann wenig von einer geraden Linie abweichen.

Endlich bemerken wir noch, daß diese Art von Räderwerk am Genauesten aus Eisen oder Messing gegossen werden kann, und daß man dasselbe nur von mittelmäßiger Größe anwendet. Hölzernes Räderwerk kommt nicht unter der beschriebenen Form vor; die Vortheile desselben würden, im Verhältnisse zu der schwierigern Bearbeitung, zu gering seyn.

§. VII.

Construction der Zähne einer gezahnten Stange mit deren Getriebe.

43) Da man die gezahnte Stange als den Theil eines Rades von so großem Durchmesser be-

trachten kann, daß ein Bogen des Umfanges welcher die Länge der gezahnten Stange hat, für eine gerade Linie gehalten werden kann, so ist begreiflich, daß die Construction der Zähne ganz so seyn müsse, wie man sie bei Stirnrädern in dieser Hinsicht anzuwenden pflegt; jedoch ändert sich die Form der krummen Linie, nach welcher die Gestalt der Flügel nun bestimmt werden soll, durch diesen Uebergang von Krumm zu Gerade; die Epicycloiden nämlich, welche für die Construction der Zahnräder dienen, werden hier durch Kreisevoluten ersetzt. Meistens wird die gezahnte Stange durch das Rad oder das Getriebe in Bewegung gesetzt; weil aber auch das Umgekehrte stattfinden kann, so muß man zwei Fälle unterscheiden, je nachdem das Getriebe die Zahnstange in Bewegung setzt, oder durch letztere in Bewegung gesetzt wird.

44) Wenn das Getriebe die Zahnstange durch Zähne in Bewegung setzen soll, so müssen die Flügel seiner Zähne durch einen Bogen der krummen Linie gebildet werden, welche durch die Aufwickelung des Umfanges des Theilkreises AB Fig. 86 des Getriebes entsteht (siehe die Construction dieses Bogens in Art. 29) *). Nachdem man deshalb die

*) Die Kreisevolute entsteht eigentlich durch die Umdrehung einer geraden Linie CD um den Umfang des Kreises AB auf dieselbe Weise, wie die Epicycloide entsteht durch den Umlauf des einen Kreises um den andern; aus diesem Grund ist es nun einleuchtend, daß auf gleiche Weise, wie die Epicycloide die Form der Zähne eines Rades bestimmt, welches ein anderes Rad in Bewegung setzen muß, auch die Kreisevolute genommen werden müsse, zur Form der Zähne eines Rades, welches eine gezahnte Stange in Bewegung setzen soll. Die gezahnte Stange ist dann gleichsam ein geradliniges Rad.

Eintheilung des Theilkreises vollendet und die Dicke der Kammen auf der Schrift abgemessen hat, und zwar ganz auf dieselbe Weise, wie dieses bei Stirnrädern geschieht, so zeichne man an jeder Seite auf die Vertheilung der Zähne einen Bogen der Kreisevolute.

Die Linie CD, welche den Theilkreis AB und B berührt, wird die Theillinie seyn, auf welcher die Zähne der gezahnten Stange eingetheilt werden müssen; die Abstände von der Mitte der Zähne auf der gezahnten Stange nehme man vollkommen gleich den Abständen von der Mitte der Zähne des Rades oder des Getriebes. Für den Fall eines Getriebes aber, dessen Zähne mehrmals mit denen der gezahnten Stange in Berührung kommen, ehe die gezahnte Stange abgelaufen ist, nehme man die letzten Zähne im Verhältnisse von 3 zu 4 dünner als die ersten (siehe Art. 34).

Hat man diese Theilung über die ganze Extension der Zahnstange bewerkstelligt, so bestimme man die Höhe der Zähne des Getriebes so, daß, wenn zwei Zähne b und d einander in der senkrechten Linie AB zu berühren beginnen, die vorhergehenden Zähne a und c noch nicht aufgehört haben, einander zu berühren, was man mit hinlänglicher Genauigkeit dadurch erlangt, daß man den Abstand von der Mitte des Zahnes a bis zum Mittelpunkte A zum Halbmesser nimmt und damit einen Kreis beschreibt, welcher die Höhe der Kammflügel über dem Theilkreise bestimmen wird. Wenn jedoch die Zähne klein sind und das Getriebe nicht sehr klein ist, so kann man diese Extension der Berührung und so auch die Zähne des Getriebes ein wenig höher nehmen. Da die Zähne der Zahnstange durch diejenigen des Getriebes in Bewegung gesetzt werden müssen, so bekommen die ersteren allein Flan-

ken, und die letzteren allein Flügel ohne Flanken; man zeichne also die Flanken der Zähne der Zahnstange senkrecht auf die Theilungslinie CD, von einer Tiefe bis an die Linie ef, die den Umfang des Kreises ghi berührt, und runde dieselben ferner auf der Zahnstange aus, wie in k, oder man verlängere dieselben ein wenig unter dem Umfang ghi (damit Spielraum zwischen den Zähnen des Getriebes und denjenigen der gezahnten Stange entstehe), wenn man letztere nicht ausrunden will; die Köpfe der Zähne der Zahnstange mache man jedoch über der Linie CD halbrund, um die Stärke zu vermehren und scharfe Kanten wegzunehmen.

Weil endlich die Zähne des Getriebes keine Flanken bedürfen, so findet man ihre Lücken, indem man die Enden der Flügel durch einen Halbkreis verbindet (siehe bei B und E), es sey denn, daß man die Zähne gerade auf die Felge des Getriebes setzen müßte, in welchem Falle sie nach dem Mittelpunkt A zulaufende Flanken bekommen, die etwas größer seyn müssen, als die Höhe der Zahnköpfe der gezahnten Stange (siehe bei F und bei G).

Wenn das Rad oder das Getriebe durch einen Drilling mit doppelten Scheiben, oder durch einen Drilling mit einer Scheibe ersetzt wird, so bekommen die Zähne der Zahnstange keine Flanken, wohl aber Flügel, deren Form auf die Weise gefunden wird, daß man mit dem Theilkreise AB des Drillings Fig. 37 auf die Theilungslinie CD der Zahnstange den Bogen ab einer Cycloide beschreibt (siehe Art. 28), und aus den Punkten dieses Bogens eine Menge kleiner Kreise verzeichnet, die dem Durchschnitte der Treibstecken gleich sind. Alsdann wird die krumme Linie, welche längs diesen Umfängen gezogen wird, die richtige Form der Flügel seyn. Wie der übrige Theil der Construction, die Thei-

lung u. s. w. ausgeführt wird, bedarf nun, bei den bereits dafür gegebenen Regeln, keine weitere Erklärung, zumal da die Figur die Form der Theile genügend angiebt.

45) Sollte der Fall eintreten, daß auch die Zahnstange durch ihre fortgehende Bewegung das Rad oder das Getriebe in Bewegung zu setzen hätte, so ist keine besondere Form dazu erforderlich, sobald das Getriebe aus einem Drilling mit zwei Scheiben, oder mit einer Scheibe besteht. Besteht aber das Getriebe aus einem Zahnrade, so muß die Zahnstange eine andere Form erhalten, als in Fig. 36 angegeben ist. Ihre Zähne müssen nämlich Flügel haben, und diejenigen des Rades bekommen dann Flanken, auf welche die eben genannten Flügel wirken.

Die Form dieser Flügel wird durch den Bogen einer Cycloide oder einer Radlinie bestimmt, welche auf CD Fig. 36 mit einem Kreise AKBI beschrieben ist, dessen Durchmesser dem Radius des Theilkreises des Rades oder Getriebes gleich ist. Nachdem man auf diese Weise diesen Bogen construirt hat, kann man damit die Flügel der Zähne verzeichnen und ferner auf dieselbe Weise zu Werke gehen, als ob man die Zähne zweier Räder zeichnete. Soll nun auch das Rad oder das Getriebe zuweilen dazu benutzt werden, die Zahnstange in Bewegung zu setzen, so müssen auch seine Zähne nach der Regel des Art. 44 construirt werden, und die Form des Ganzen wird dann so, wie aus Fig. 38 ersichtlich ist.

Man kann noch die Zähne der Zahnstange aus Treibstecken bestehen lassen; das Rad muß dann Zähne haben von derselben Form, wie in Fig. 36; jedoch trifft man diesen Fall, wegen der größern

Schwierigkeit, welche dann die Zusammensetzung der Zahnstange erfordert, nicht an.

§. VIII.

Construction der Zähne zweier Kegelräder.

46) Wenn zwei Axen AC und DF Fig. 39, obschon in derselben Ebene liegend, einen Winkel BOE mit einander bilden, so müssen auch die Ebenen der Räder, durch welche diese Axen in Umdrehung gesetzt werden sollen, einen Winkel mit einander bilden; denn die Ebene HBG oder GEI jedes Rades muß senkrecht auf der entsprechenden Axe OAB, oder ODE stehen, so daß diese Ebenen in G zusammentreffen und den Winkel HGI mit einander bilden. Wenn die Umdrehung füglich bewirkt werden könnte durch den Druck zweier Scheiben HG und GI gegen einander, so leuchtet es von selbst ein, daß diese Scheiben, wenn sie mit einander gehörig und anhaltend in Berührung stehen sollten, nicht cylindrisch, sondern conisch seyn müßten; sie müßten nothwendig abgeschnittene Theile von zwei Kegeln HOG und GOI seyn, und ihre Scheitelpunkte im Punkte O haben, wo die verlängerten Axen OC und DF zusammentreffen, denn alsdann findet die Berührung dieser Scheiben immer nach einer geraden Linie GK statt, welche einen Theil der Seite KO ausmacht, an welcher die Kegel einander berühren.

Da nun die Umdrehung dieser Scheiben durch die Berührung allein nur schwierig zu bewerkstelligen ist, so müssen diese kegelförmigen Scheiben mit Zähnen versehen werden, und diese sind nach der Form einer Kegelfläche auf den Scheiben anzubringen, oder abzustecken, ganz wie die Zähne der Stirnräder auf ihren Theilkreisen, so daß die Form dieser

Zähne so werden muß, wie in Fig. 40 angegeben ist, oder auch wie in Fig. 41, welche einen Aufriß der beiden schräg auf einander wirkenden Räder darstellt.

Man wird aus diesen Figuren ersehen, daß der oberste Theil der Zähne krummlinig ist; diese Theile werden hier auch die Flügel der Räder genannt, während die unteren geradlinigen Theile die Flanken der Zähne bilden. Das Ende der Flanken und der Anfang der Flügel liegen auf dem Umfange eines Kreises AB, oder CD, welcher auf dem äußersten Umfange des Radkranzes mitten durch die Zähne gezogen ist, und diese Kreise sind dann auch hier die Theilkreise der Räder. Diese Kreise berühren einander gerade in D, und wenn man die Linie DE zieht, welche nach dem Punkte des Zusammentreffens der Axen O gerichtet ist, so wird diese die Kante seyn, längs welcher die Flügel des einen Rades gegen die Flanken des andern Rades anzudrücken beginnen. Wenn man ferner aus der Mitte F dieser Linie die Linien FG oder FH senkrecht auf die Richtungen der Axen zieht, so werden diese Linien die mittleren Halbmesser der Räder seyn.

47) So wie man sich, um die Flügel der Stirnradskammen zu bilden, einer krummen Linie bedient, welche durch die Bewegung eines Kreises um einen andern entsteht, so müssen die Flügel der Zähne kegelförmiger Räder auch mittelst der krummen Linie gebildet werden, welche durch irgend einen Punkt des Kreises KI Fig. 39 beschrieben wird, der sich um den Umfang eines andern Kreises HG bewegt, so daß der Winkel HGI zwischen den Ebenen dieser Kreise beständig derselbe bleibt (siehe auch Fig. 18 und Art. 27). Diese krumme Linie würde durch die Umrollung eines Kegels KOI um die Oberfläche eines andern Kegels KOH

entstehen, während die Scheitelpunkte immer im Punkte O bleiben würden.

Wir theilen hier auch den Grund mit, auf welchen sich eine Construction stützt, nach welcher die Flügel der Zähne eines Kegelrades die gehörige Form erhalten.

Es sey AB Fig. 42 der Kranz eines Kegelrades, von welchem wir, größerer Deutlichkeit halber, annehmen, daß die Zähne ausgeschnitten werden müssen; es sey CD der Theilkreis und DE der Theilkreis eines andern Kegelrades, durch welches das erstere in Bewegung gesetzt werden soll.

Man beschreibe nun den Bogen einer kugelförmigen Epicycloide, deren Grundkreis CD und deren beweglicher oder erzeugender Kreis DF ist, welcher den Radius DF des Theilkreises DE zum Durchmesser hat; es sey abcg ein Bogen dieser Epicycloide, so wird er immer innerhalb, oder außerhalb des Kranzes liegen und mit dem Theilkreise CD nur den Punkt a gemein haben, wo der Flügel eines Zahnes beginnen muß. Läge dieser Bogen genau in der äußersten Oberfläche des Kranzes AB, so würde er zugleich auf derselben die Form der Flügel bezeichnen, und die Construction wäre dann immer bequem auszuführen; aber dazu wäre erforderlich, daß die genannte äußerste Oberfläche ein Theil von der Oberfläche einer Kugel seyn müßte, welche die Linie OD zum Halbmesser hätte. Da sich dieses nun nicht also verhält, und noch viele andere Schwierigkeiten vorhanden sind, so muß man, obschon man dieses in der Praxis mit Genauigkeit erlangen könnte, die Figur der Flügel auf der äußersten oder innersten Fläche des Kranzes aus dem Durchschnitt einer Linie Oa bestimmen, die beständig durch den Scheitelpunkt O des Kegels läuft und stets längs der sphärischen Epicycloide abcg bewegt wird. Indem man diese Linie so bewegt

und eine Kegelfläche beschreibt, bezeichnet sie die richtige Form des Flügels; und wenn man die Punkte e, d u. s. w. bestimmt, in welchen sie die Außenfläche des Kranzes schneidet, so wird die krumme Linie aed, welche durch diese Punkte gezogen wird, die Figur der Flügel auf der äußersten Fläche des Kranzes seyn. Es muß dann ferner der Zahn so ausgeschnitten werden, daß die Seiten in jedem Punkte nach dem Scheitelpunkte O des Kegels gerichtet sind.

Dieses ist dann der Grund, auf welchen die Construction der Flügel der Zähne sich stützen muß; aber weil alles hier im Körperlichen geschehen ist, so kann die Construction nur dadurch vollbracht werden, daß man die Projection der krummen Linie abcg nebst den Projectionen der Durchschnittspunkte a, e, d u. s. w. bestimmt, und dann muß aus diesen Projectionen die wahre krumme Linie aed, so wie sie auf der Außenfläche des Kranzes bestehen muß, gezogen werden.

Obgleich dieses alles ausführbar ist, so sind die Constructionen jedoch sehr complicirt und, wegen der Menge von Linien, die man ziehen muß, leicht einer Ungenauigkeit unterworfen, besonders wenn sie im Großen ausgeführt werden müssen; endlich erheischen sie eine gewisse Fertigkeit und eine Einsicht der Sache, welche bei wenig Maschinen-Baumeistern vorausgesetzt werden kann.

Könnte man die Figur der Flügel auf den Rädern selbst durch ein praktisches Verfahren leicht beschreiben, so wäre das Gewünschte gefunden, jedoch wird jedes praktische Verfahren, welches man für diesen Zweck aussinnen mag, jederzeit vielleicht noch größere Schwierigkeiten enthalten, als eine solche Construction, nach den Regeln der Reiskunst ausgeführt.

Aus diesen Gründen kann hier nicht angegeben werden, wie man die Flügel der Zähne von Kegelrädern auf die richtige Weise zu bestimmen hat, und man muß sich deshalb durch die Ausführung der weiter unten gegebenen Regeln in der Praxis mit einer geringern Genauigkeit begnügen. Man könnte zwar hier in Bezug auf diese Regeln bemerken, was weiter oben im Art. 22 über die Regeln gesagt worden ist, denen die Mühlen-Baumeister bei der Construction der Stirnräder zu folgen pflegen; aber bei den Stirnrädern ist die richtige Construction mit wenig Schwierigkeit ausführbar, was bei den Kegelrädern keinesweges der Fall ist, so daß man hier genöthigt ist, vom richtigen Wege abzuweichen. Es wird jedoch diese Abweichung bei Ausführung der unten stehenden Regeln sehr gering seyn und so zu gleicher Zeit, daß die Abnutzung der Zähne eine stets geringer werdende Abweichung zuverlässig herbeiführen muß, was niemals der Fall seyn wird, wenn die Flügel, wie es in der Praxis gewöhnlich der Fall ist, ganz eben gemacht werden; denn obgleich (weil die Zähne der Kegelräder immer kleiner ausfallen können, als die der Stirnräder, und die Flügel also immer eine kleinere Extension haben) die Flügel häufig von einer ebenen Fläche wenig abweichen, so könnte man sich doch in dem Stand dieser Fläche irren, und es würde dann die richtige Form niemals entstehen können, oder dazu würde im entgegengesetzten Fall eine weit längere Abnutzung erfordert werden, als wenn man den Flügeln eine kleine Krümmung giebt.

48) Die Zähne kleiner messingener und eiserner Räder (deren Durchmesser bis 1,5 Palmen groß sind), werden auf den Theilmaschinen in die gegossenen Kränze geschnitten; die hölzernen Formen für mittelmäßig großes eisernes Räderwerk bestehen aus

Kränzen Fig. 43, die aus einem oder aus verschiedenen Stücken zusammengesetzt sind, und in welche man die Zähne dann schneidet, oder in welche man gegossene Zähne einsetzt. Die hölzernen Kegelräder bestehen aus runden Kränzen, die aus verschiedenen Theilen zusammengesetzt sind; und auf diesen Kränzen werden alsdann die Zähne, wie nachher erklärt werden soll, fest gekeilt. In jedem Falle müssen die Zähne auf dieselbe Weise geformt werden. Das Beispiel der Construction eines Kranzes und des Ausarbeitens der Zähne auf diesem Kranze soll zur allgemeinen Regel dienen können.

Es mögen OBP und OD Fig. 44 die Richtungen der Axen zweier Kegelräder darstellen, so daß sich diese Richtungen in O schneiden. Nachdem man die Anzahl der Zähne auf beiden Rädern bestimmt hat und die Dicke der Zähne auf den Theilkreisen nebst den Zwischenräumen derselben weiß, so hat man durch diese beiden Dimensionen die Schrift oder die Theilung, und wenn diese mit der Zahl der Zähne multiplicirt worden, so giebt das Product die Länge des Umfanges des Theilkreises, woraus der Halbmesser berechnet werden kann. Je größer dieser Halbmesser ist, desto besser, denn dann kann man die Anzahl der Zähne größer und die Dimensionen derselben kleiner nehmen, wodurch die Wirkung um so regelmäßiger wird.

Wenn nun z. B. Aa Fig. 39 der Halbmesser des einen Theilkreises ist, der dem Rade angehört, von welchem OAC die Axe ist, so ziehe man in der Entfernung aA von der Axe parallel mit derselben die Linie aKb; und wenn cD der Halbmesser des entsprechenden Theilkreises des zweiten Rades ist, so ziehe man in der Entfernung cD die Linie cKd parallel der Richtung der zweiten Axe ODE. Man ziehe alsdann aus dem Punkte K, wo diese Parallel-

linien einander schneiden, Perpendikel auf die Richtungen der Axen, so werden dieselben den Stand der Theilkreise auf beiden Rädern bestimmen. Es mögen BC und CD Fig. 44 die Stände der Theilkreise der fraglichen Räder seyn: verlängert man nun BC und macht BA = BC, so ist ABC der Durchmesser des Theilkreises des einen Kranzes, und derjenige des andern Kranzes wird auf dieselbe Weise gefunden.

Man ziehe die Linien OC, OA und mache den Winkel FCO oder LAO wenig verschieden von einem rechten Winkel, oder noch etwas größer. Wenn man die Dicke der Zähne bestimmt hat, so ist auch die Höhe der Flügel nebst der Breite der Zähne bekannt; man nehme nun CE = AM für die Höhe der Flügel, und CF = AL etwas größer, als diese doppelte Höhe, wenn die Zähne auch Flanken haben müssen, dagegen etwas größer als die einfache Höhe, wenn allein Flügel erforderlich sind. Man verbinde die Punkte E und M, L und F durch die geraden Linien ME und LF; man ziehe nach dem Scheitelpunkte O die Linien EG und MH, und nehme EG = MH gleich der Breite der Zähne. Hierauf ziehe man GH, so werden GE, EF, MH und ML die Dimensionen der äußern Kanten des Kranzes seyn, während MHGE und MLFE die Projectionen der oberen und unteren Außenseiten sind. Um die inneren Kanten und die inneren Seiten zu finden, ziehe man GI und HK parallel mit EF und ML, hernach aus L und F nach dem Scheitelpunkte O die Linien LK und FI; endlich die Linie KI, so werden KH, GI, LK und IF die inneren Kanten des Kranzes seyn. GHKI und LKIF sind deshalb die Projectionen der inneren Seiten, von denen die eine GHKI der gegenüberstehenden Außenseite MEFL parallel läuft, so daß der Kranz dann

die in Fig. 43 angegebene Form bekommt. Zieht man noch aus A und C nach dem Scheitelpunkte O die Linien AQ und CR, und dann die Linie QR, so kann man letztere Linie als den Durchmesser des auf die Innenseite des Kranzes gezogenen Theilkreises betrachten, so daß QH und RG die Höhe der Flügel auf der innern Seite des Kranzes seyn müssen.

Angenommen nun, man habe diesen Kranz gehörig abgearbeitet und auf denselben den Theilkreis AC gezogen, so theile man diesen Kreis in die bestimmte Anzahl gleicher Theile, und jeden Theil wiederum, wie es bei den Stirnrädern der Fall ist, in zwei ungleiche Theile, deren kleinster für die Dicke der Zähne genommen wird. Diese Dicke sey ab. Man ziehe nun aus der Mitte B des Zahnes die Linie Bc nach dem obern Rande des Kranzes und nehme auf jeder Seite von c $cd = ce = \frac{5}{12}$ von ab, dann ist $de = \frac{5}{6}$ von ab und de muß nun die obere Kante des Zahnes seyn. Man setze nun irgend wo in m in den Theilkreis AC den Schenkel des Zirkels, und zwar in solchem Abstande von a, daß der Kreisbogen aus m mit ma, als Halbmesser, beschrieben, zugleich durch den Punkt d läuft (und dieser Abstand oder Halbmesser wird auf jedem Rade von verschiedener Größe verschieden seyn, so daß man denselben durch Versuche auffinden muß), alsdann kann man diesen Kreisbogen für die Abzeichnung des Flügels auf der äußern Fläche des Kranzes nehmen.

Auf der innern Fläche des Kranzes kann man den Flügel auf dieselbe Weise abzeichnen, jedoch muß man für diesen Zweck die Eintheilungen auf dem innern Kreise gerade diametral der Eintheilung des äußern Theilkreises gegenüber bewerkstelligen. Zu diesem Behuf kann man erst die oberen Kanten

Digitized by Google

df und eg u. s. w. der Zähne ziehen. Da diese Linien sämmtlich auf die Oberfläche EGHM des Kranzes gezogen sind, so müssen sie auch alle nach dem Scheitelpunkte O der Kegelfläche gerichtet seyn, und auf diese Weise werden sie die oberen Kanten fg der Flügel bestimmen, die auf die innere Seite des Kranzes gezogen werden müssen.

Soll dieses Rad blos dazu dienen, das andere Rad in Bewegung zu setzen, so braucht man die Flügel nur ein wenig unter den Kreis zu verlängern, um den Zähnen des andern Rades beim Eingriff ein wenig Spielraum zu geben. Alsdann ist die Construction vollendet, und es kommt alsdann blos darauf an, die Zähne nach den gezeichneten Linien sauber in den Kranz einzustemmen und alles gehörig nach dem Scheitelpunkte O zulaufen zu lassen.

Muß jedoch das Rad ME zugleich auch durch das andere Rad in Bewegung gesetzt werden, so sind außer den Flügeln noch Flanken zu construiren, und dieses ist sehr leicht; denn wenn man die Außenkante EF der äußersten Kegelfläche des Kranzes bis an die Axe ONP verlängert, so müssen alle die Linien, nach welchen die genannten Flanken auf der äußern Fläche abgezeichnet werden, nach diesem Scheitelpunkte P des Kegels PEM zusammenlaufen: man ziehe also aus den Punkten a und b u. s. w. die Linien ai und bk, welche in P zusammentreffen. Man nehme ai oder bk etwas größer, als die Höhe der Flügel, z. B. $\frac{1}{5}$ größer; wenn man dann auf diese Weise die Richtung einer oder zweier Flanken bestimmt hat, so kann man dieselbe durch eine Schablone auf alle übrigen Zähne übertragen und alle Flanken dann durch die gerade Linie kl vereinigen, oder was noch besser ist, dieselben ausrunden, wie in h. Auf der innersten Seite des Kranzes kann man auf dieselbe Weise die

Richtungen der Flanken verzeichnen, doch dürfen sie dann nicht nach dem Punkte P, sondern nach dem Scheitelpunkte N der innersten Kegelfläche zusammenlaufen; und nachdem dieses alles geschehen ist, besteht die fernerweite Arbeit in einer richtigen Ausführung, d. h. in einem genauen Ausstemmen der Zähne.

Damit man die richtige Form der Zähne eines Kegelrades noch besser auffasse und dadurch zugleich in den Stand gesetzt werde, ein solches richtig zeichnen zu können, so ist eine horizontale Projection desselben in Fig. 45 gegeben.

49) Wenn das eine Rad ME das andere CD beständig in Bewegung zu setzen hat, so bekommen die Zähne dieses letztern Rades CD allein Flanken, und da diese unter dem Theilkreise CD liegen, so wird CDT selbst die äußere Kante oder der größte Umfang des Kranzes; die äußere Fläche wird alsdann nicht über den Theilkreis verlängert, was der Fall seyn würde, wenn die Zähne auch Flügel haben müßten. Man nehme hierauf bei der Construction der Zähne ganz besondere Rücksicht.

Wenn dieses also stattfindet, so werden die Zähne sehr kurz, und zwar durchgängig höchstens so hoch als sie dick sind, und dann müssen sie auf vorgedachte Weise genau construirt seyn und deshalb sehr wenig von der richtigen Form abweichen.

Wenn die Kegelräder aus Holz ausgeführt werden sollen, so braucht man dem untersten Theile des Kranzes eben keine conische Gestalt zu geben. Dadurch wird die Construction erleichtert und der massive Theil des Rades geschwächt; aber die Oberfläche muß nothwendig die Form einer Kegelfläche haben. Ueber dieses werden die Zähne alsdann besonders einer nach den andern gemacht und in den hölzernen Kranz gesteckt. Wie dieses geschieht, soll im

Digitized by Google

folgenden Capitel ausführlich angegeben werden, aber die Construction der Zähne geschieht immer auf die oben vorgeschriebene Weise. Es folge hier jedoch noch eine Anweisung über das Eigenthümliche des alsdann zu befolgenden Verfahrens:

Es sey A B C D Fig. 46 der cylindrische Kranz, welcher die Felge des Rades bilden soll, und auf welcher die Zähne zu befestigen sind. Die Oberfläche A B F E dieses Kranzes muß conisch seyn und nach dem Scheitelpunkte O des Kegels zulaufen. Man befestige auf dieser Oberfläche ein Stück Holz, welches die Höhe der Zähne hat und dessen äußere Fläche b a G dieselbe conische Form hat, als ob der Kranz, wie in Fig. 44, ganz und gar conisch wäre. Die innere Fläche verfertige man auf gleiche Weise; die Oberfläche G H muß ebenfalls conisch und gleich der Oberfläche M H G in Fig. 44 nach dem Scheitelpunkte O gerichtet seyn. Nachdem dieses geschehen ist, so zeichne man auf dieses Stück den Theilkreis a b, und dann den Zahn T, indem man die in Art. 48 erläuterte Regel in Allem genau befolgt.

Man kann den Zahn gehörig ausstechen und denselben vom Kranze B D abnehmen, um ihn als Schablone oder Modell für die übrigen Zähne zu benutzen. Die Zähne der Modelle für großes eisernes Räderwerk kann man gleichfalls einzeln verfertigen.

§. IX.

Construction eines Kegelrades und eines conischen Drillings.

50) Statt eines zweiten Kegelrades oder eines conischen Getriebes kann man auch einen conischen Drilling C E Fig. 47 anwenden, oder auch wohl einen conischen Drilling mit einer Scheibe, obschon

letzterer für Kegelräder nicht so gut anwendbar ist, als für Stirnräder und Kronräder. Die Construction für diesen Fall ist in vielen Hinsichten der vorangehenden und der in §. IV. vorgetragenen so ähnlich, daß es ausreichend seyn wird, nur das Eigenthümliche derselben zu erwähnen.

Man bestimme den Kranz des Rades auf die gewöhnliche Weise, blos mit diesem Unterschiede, daß, wenn die Außenkante AB desselben verlängert würde, sie rechtwinklig durch die Axe OG des Drillings laufen müßte, damit die untere Scheibe CD, welche an diese Kante so nahe als möglich gebracht ist, unbehindert und parallel längs derselben bewegt wird. Auf dem Theilkreise HI vertheile man die Zähne, wie gewöhnlich, mache aber dieselben dünner als die Treibstecken, wenn der Drilling viel weniger Stekken enthält, als das Rad Zähne haben muß, ganz so, wie man dieses auch bei Stirnrädern zu berücksichtigen hat. Die Flügel der Zähne construire man, wie in dem vorhergehenden Falle, nehme aber hier die obere Seite ab der Zähne $= \frac{6}{7}$ der Dicke dc auf dem Theilkreise, da man im vorhergehenden Falle für die obere Seite nur $\frac{5}{6}$ nehmen mußte. Flanken sind hier unnöthig; man runde die Zähne nur so tief aus, daß die Stecken ohne Behinderung sich zwischen denselben bewegen können. Wenn die Zähne einzeln auf dem Kranze befestigt werden, und das Ausrunden schwierig seyn sollte, so gebe man den Zähnen Flanken, wie oben.

Die Scheiben des Drillings dürfen nicht gleich groß seyn, sondern die oberste muß um so viel kleiner als die unterste seyn, daß sie ein Durchschnitt des Kegels ist, welcher CD zur Basis und O zum Scheitelpunkte hat. Ueber dieses muß der Abstand der Scheiben hinlänglich groß seyn, damit die oberste EF innerhalb des Kranzes ABH nicht gegen die

Zähne stoße. Bei der Ausführung ist dieses leicht zu bestimmen; durch eine vorhergehende Construction findet man dieses auf folgende Weise:

Man nehme auf der Linie OC den Theil Of = der Länge des Halbmessers Oa'; wenn man nun ein wenig weiter als f die innere Kante der obersten Scheibe setzt, so kann man versichert seyn, daß sie sich unbehindert an der innern Kante der Zähne vorbei bewegt (für einen Drilling mit einer Scheibe ist diese Construction natürlich unnöthig). Nachdem die Treibstecken auf der obern und untern Scheibe gehörig vertheilt sind, so werden sie sämmtlich abgestumpfte Kegel, welche ihre Durchschnitte am Theilkreise auf der untersten Scheibe CD zur Basis, und den Punkt O zum gemeinschaftlichen Scheitelpunkte haben. Für die Regelmäßigkeit der Bewegung wird es von Nutzen, daß diese Kegel sich drehen können; die Abstumpfung derselben wird hierdurch auch leichter. Damit indessen diese Umdrehungen stattfinden können, müssen die Zapfenlager in schrägen Klampen ac, db Fig. 48 befestigt seyn, deren obere Kanten rechtwinklig auf der Richtung cd der aufsteigenden Säule des Kegels, zu welchem der Drilling gehört, stehen. Die Treibstecken werden dann alle gerade abgeschnitten, d. h. nach Durchschnitten, die rechtwinklig durch ihre Axen laufen.

51) Der Fall kann vorkommen, daß man ein conisches Zahnrad durch einen conischen Drilling in Bewegung setzen muß; weil es jedoch schwierig ist, die Zähne so zu construiren, daß sie genau und regelmäßig von den Stecken ergriffen und fortgetrieben werden, und da die Zusammensetzung eines conischen Drillings auch schwieriger ist, als diejenige eines Kegelrades, so thut man immer besser, zwei Kegelräder auf einander wirken zu lassen, zumal die Verfertigung eines Zahnrades im Allgemeinen nicht

so schwierig ist, als diejenige eines Drillings, und dieser doch immer von Umfang größer, als ein Rad wird. Jedoch nehme man hiervon den Fall aus, in welchem der Drilling sehr klein und im eigentlichen Sinne Getriebe ist. Hier kann es für die Verfertigung vortheilhaft seyn, sich des Drillings zu bedienen, besonders auch, wenn die Zähne des Rades breit sind.

Bei der Wirkung der Kegelräder verdient ein Umstand bemerkt zu werden, welcher bei der Bestimmung der Form und der Stellung der Zähne von Belang ist, nämlich, daß das eine Rad von dem andern nicht allein in der Richtung der Ebene der Bewegung, sondern auch in der Richtung der Axe gedrückt wird, so daß das Rad in der letzten Richtung eine Torsion erfährt und, bei unzulänglicher Stärke, in der genannten Richtung sich umbeugen muß, während die Axe nach ihrer Länge gegen das Lager, in welchem sie läuft, gedrückt und dadurch die Reibung vermehrt wird.

Der Grund dieser Wirkung ist einleuchtend, denn bei den Stirnrädern erfolgt der Druck der Zähne gegen einander in der Ebene der Bewegung, und die Axe kann also nach keiner andern Richtung, als senkrecht auf ihre Länge gedrückt werden; aber bei den Kegelrädern findet der Druck außerhalb der Ebene der Bewegung statt; der eine Zahn stößt den andern zum Theil innerhalb, zum Theil außerhalb der Ebene der Bewegung vorwärts, und dieser letzte Druck erfolgt seitlich in der Art, daß das andere Rad, trotz seiner Schwere, längs der Axe verschoben wird, sobald es nicht sehr gut an dieser Axe oder Welle befestigt ist.

Die größere Reibung, welche die Axe hierdurch erfähret, ist schwierig zu bestimmen; da sie jedoch nur auf einer kleinen Oberfläche stattfindet, so wird

sie meistentheils klein seyn und also vernachlässigt werden können.

Obschon man die Zähne auch auf der innern Seite eines conischen Kranzes anbringen kann, so wendet man jedoch niemals inwendige Kegelräder an, denn die Verfertigung würde hierdurch im Allgemeinen sehr schwierig werden, und die Bewegung kann nicht so gerichtet seyn, daß dieselbe nicht durch auswendiges Räderwerk fortgepflanzt werden könnte.

§. X.

Construction der Kronräder.

52) Wenn zwei Axen AB und CB Fig. 49 rechtwinklig, oder beinahe rechtwinklig auf einander gerichtet sind, so kann man auch ohne Hülfe von Kegelrädern die Bewegung der einen Axe auf die andere fortpflanzen, indem man nämlich beide Räder mit Zähnen versieht, welche senkrecht auf der Ebene der Felgen stehen. Diese Art des Räderwerks nennt man Kronräder oder Kammräder, und die Zähne desselben werden Kämme oder Kammen genannt. Es können beide Räder mit Kämmen versehen seyn und so auf einander wirken; es wird jedoch die Construction leichter und die Wirkung regelmäßiger, wenn man vor das eine Rad einen Drilling mit doppelten Scheiben, oder einen Drilling mit einer einzigen Scheibe bringt.

Angenommen, das Kammrad MC Fig. 50 soll den Drilling S in Bewegung setzen, so muß ein Kamm A während der Bewegung sowohl in der Richtung seiner Länge fbc, als in der Richtung seiner Höhe mit den Treibstecken in Berührung kommen. Die Berührung in der Richtung der Länge wird stattfinden längs der anstehenden Seiten der cylindrischen Treibstecken, welche Seiten gerade Linien sind; und

die Berührung in der Höhe wird stattfinden in der Richtung der Durchschnitte der Treibstecken, also längs dem Umfang eines Kreises. Diese doppelte Wirkung ist auf diese Weise den besondern Wirkungen ganz ähnlich, welche stattfinden, wenn eine gezahnte Stange durch ein gezahntes Getriebe, und wenn ein Drilling durch eine gezahnte Stange in Bewegung gesetzt werden (siehe Art. 44 und 45). Für den ersten Fall Fig. 50 muß die Krümmung bf der Kämme in der Richtung ihrer Länge gebildet werden durch den Bogen einer Kreisevolute; und für den zweiten Fall Fig. 51 muß die Krümmung ab der Kämme in der Richtung ihrer Höhe durch eine Cycloide oder Radlinie gebildet werden. Die Kämme der Kronräder müssen deshalb in zwei Richtungen eine gebogene Gestalt bekommen. Wenn nämlich ACIG Fig. 52 einen Kamm darstellt, dann müssen die Durchschnitte ABC, EDF, GHI über die Länge des Kammes Kreisevolute seyn und die Durchschnitte GEA, BDH, CFI u. s. w. über die Höhe (die auch immer einen rechten Winkel mit den Tangenten aA, bB oder cC der Punkte A, B oder C der krummen Linie ABC bilden, wo die Durchschnitte genommen werden) müssen nach einer Radlinie gebildet werden. Obschon dieses alles nun festgesetzt ist in der Voraussetzung, daß der Drilling durch das Kammrad getrieben wird, so gilt es doch eben so gut, wenn, wie es meistens der Fall zu seyn pflegt, das Kammrad seine Bewegung vom Drilling empfängt. Man muß alsdann folgende Construction ausführen.

53) Die Eintheilung des Theilkreises, auf welchen die Treibstecken und die Kämme zu stehen kommen, geschieht wie gewöhnlich, so wie man auch bei der Bestimmung der relativen Dicke der Kämme und

Stecken, ferner der Größe der Zwischenräume dieselbe Regel zu befolgen hat, welche bei der Construction der Stirnräder in Obacht genommen werden muß.

Es sey der Umfang, dessen Halbmesser CM Fig. 50 ist, der Theilkreis, auf welchen die Kämme kommen sollen; man beschreibe alsdann nach Art. 29 einen Bogen der Kreisevolute, die den Umfang CM zum Grundkreise hat. Dieser Bogen wird die Form der Krümmung für die Kämme in der Richtung ihrer Länge bestimmen, und da jeder Kamm gerade mit seiner Mitte ba auf dem Theilkreise steht, und die vordere Hälfte bc der hintern Hälfte bf vollkommen gleich und ähnlich ist, so kann man den genannten Bogen an jede Seite des Theilkreises legen, und auf diese Weise eine Schablone KLM Fig. 52 verfertigen, welche aus zwei gleichen halben Bogen KL und LM besteht, die zusammen eine nette krumme Linie KLM bilden.

Man beschreibe ferner mit dem Theilkreise des Drillings auf einer geraden Linie den Bogen einer Cycloide, und nachdem man auf diesem Bogen einige kleine Kreise beschrieben hat, die dem Durchschnitt der Treibstecken gleich sind, so wird eine längs dieser Kreise gezogene krumme Linie (sie wird auf dieselbe Weise gezogen, wie für eine gezahnte Stange Art. 44 Fig. 37 angegeben worden) die Krümmung der Kämme in der Richtung ihrer Höhe bestimmen. Für diese Krümmung kann man wieder eine Schablone N Fig. 52 verfertigen, so daß es nun allein darauf ankommt, den Kamm aus einem Stück Holz so zu arbeiten, daß beide Schablonen KLM und N auf allen Punkten in den Richtungen der Länge und Höhe am Kamm vollkommen anschließen, was allerdings bei einer richtigen Ausführung eine mühsame Sache ist.

Flanken sind hier unnöthig, und da die Kämme immer einzeln gemacht und auf die Ebene der Felge gesetzt werden, so muß man dieselben nur so hoch mit dem Anfange der Krümmung über die Felgen vorragen lassen, daß die Treibstecken ohne Behinderung, d. h. ohne gegen die Felgen zu stoßen, zwischen den Kammen bewegt werden können. Deshalb muß die Höhe ein wenig größer seyn, als die halbe Dicke der Stecken, weil der Anfang der Berührung der Kämme und Stecken am Anfange der Krümmung ab Fig. 51 der Kämme, und am Punkte c des entsprechenden Treibsteckens beginnt, welcher Punkt in der halben Dicke des Steckens liegt.

Die Höhe der Kämme muß man auf dieselbe Weise bestimmen, als wie bei einer gezahnten Stange, welche durch den Drilling bewegt wird (siehe Fig. 37), und muß deshalb dafür sorgen, daß die vorhergehenden Kämme und Stäbe einander noch nicht verlassen, wenn die folgenden einander gerade in der Ebene AB Fig. 51 der Mittelpunkte der Axen zu berühren beginnen. Wenn das Rad beständig vom Drillinge getrieben wird, so sind es allein die hintern Kanten bc und gd Fig. 50 der Kämme, die mit den Stecken in Berührung kommen, so daß die vordern Kanten bf und ge dann weggelassen werden könnten, wo dann die Kämme die Form D bekommen würden. Diese Form wird jedoch gerade umgekehrt und gleich G, sobald das Kammrad die Bewegung dem Drillinge mittheilt (wie es z. B. in einigen Roßmühlen der Fall ist).

Wenn endlich in beiden Fällen die Bewegung immer in derselben und niemals in der umgekehrten Richtung erfolgt, so brauchen die Kämme nur an der einen Seite gekrümmt zu werden, und die andere Seite kann dann geradlinig abgenommen werden; gleichwohl wird es in keinem Falle nachtheilig

seyn, die Kammen an beiden Seiten, und sowohl an dieser, als an jener Seite des Theilkreises abzurunden, weil sie alsdann umgesetzt werden können, und noch einmal so lange dienen, als wenn man blos die eine Seite abrundet. Endlich wird dieses auch von Nutzen seyn, wenn durch irgend eine Unvollkommenheit im Werke die Berührung der Stekken und Kämme vor der Ebene der Mittelpunkte der Axen stattfindet.

Die Fig. 49 bis 51 geben drei verschiedene Projectionen eines aus Kronrädern bestehenden Räderwerkes und können deshalb zum Vorbilde dienen, wie dasselbe, den Regeln der Reiskunst entsprechend, gezeichnet werden muß.

§. XI.

Ueber die Form der Zähne des Rades der Schraube ohne Ende und des schräg gezahnten Räderwerkes, wie man es haben muß, um die Bewegung im rechten Winkel fortzupflanzen.

54) Die umlaufende Bewegung einer Axe oder Welle kann auch noch rechtwinklig einer andern Axe oder Welle durch die Schraube ohne Ende und durch zwei mit schrägen Zähnen versehene Räder mitgetheilt werden.

Was die Schraube ohne Ende anlangt, so muß vorausgeschickt werden: daß, da man dieses Werkzeug sowohl seiner richtigen Wirkung, als seiner großen Abnutzung halber aus Metall verfertigen muß, deshalb auch die Gewinde der Schraube flach seyn müssen; ein einziger Umgang des Gewindes wird ausreichend seyn, weil immer nur ein Zahn des Rades mit dem Gewinde in Berührung ist; man nehme jedoch zwei, oder lieber drei Umgänge, damit, so wie beim Räderwerk ein folgender Zahn von einem fol-

genden Gewinde aufgenommen werde, ehe noch der vorhergehende Zahn und das vorhergehende Gewinde einander verlassen. Ohne diese Einrichtung können Stöße stattfinden. Sodann muß das Rad A Fig. 53 auf seiner Dicke wie die Kehle einer Seilrolle ausgedreht werden, damit die Schraube B mit gehörigem Schluß in das Rad eingreife, und die Berührung der Zähne und Gewinde um so viel besser und mehr der Wirkung einer Vaterschraube in seiner Schraubenmutter entsprechend stattfinde.

Die Form der Zähne des Rades muß den Gewinden einer Schraubenmutter ähnlich seyn, die zur Schraube B gehört. Sie müssen deshalb eben so schräg auf den Umfang des Rades gesetzt seyn, als die Schraubengewinde um den Kern oder die Spindel der Schraube herumlaufen; sie müssen also auch flach oder rectangulär seyn und ein wenig dünner, als der Raum zwischen den Gewinden oder der Schraubengang breit ist, damit Spielraum übrig bleibt. Gleichwohl darf im strengsten Sinne der Durchschnitt der Zähne nicht rechtwinklig seyn, wie derjenige des flachen Schraubengewindes; denn das Rad dreht sich und verändert jedesmal die Stellung der Zähne in Bezug auf die Gewinde der Schraube; jedesmal werden erstere auf eine andere Art von letztern berührt. Man braucht jedoch auf die Form dieser Durchschnitte weniger Aufmerksamkeit zu verwenden, da man sie bei der Verfertigung dieser Art von Rädern beinahe von selbst bekommt, indem man nämlich, nachdem das Rad mit den Zähnen aus dem Gröbsten gegossen ist, die Zähne desselben durch eine aus gehärtetem Stahl verfertigte genaue Schraube mit scharf schneidenden Gewinden gehörig formt, indem man diese Schraube auf die Zähne wirken läßt, wodurch sie eine möglichst richtige Form bekommen.

55) Zwei mit schrägen Zähnen versehene Räder, wie in Fig. 34, können auch so auf einander wirken, daß ihre Axen einen rechten Winkel mit einander bilden; sie tragen alsdann die Bewegung rechtwinklig auf einander über, ohne conische Zähne zu haben, oder ohne den Kronrädern ähnlich zu seyn.

Die Wirkung von dergleichen Rädern Fig. 54 muß man als eine Modification der Wirkung der Schraube ohne Ende betrachten; denn man kann das Rad AB als das Rad der Schraube ohne Ende ansehen, und CD als die Schraube selbst betrachten, deren Gewinde sehr fein sind, und die aus eben so vielen Gängen besteht, als das Rad CD Zähne hat, so daß jeder Zahn als ein sehr kleiner Theil eines Schraubengewindes betrachtet werden kann, und das Rad selbst ist dann blos eine zur Schraube gehörige Scheibe.

Es ergiebt sich hieraus, daß die Zähne des Rades AB in ihrem Durchschnitte eher rechtwinklig, als krummlinig seyn müssen; daß die Dicke des Rades AB eben so, wie beim Rade A Fig. 53 ein wenig ausgekehlt werden müsse, obschon dieses für zwei Räder von derselben Größe fast unmerklich seyn muß; endlich daß die Schrägheit der Zähne auf beiden Rädern auch dieselbe seyn müsse. Aber wenn z. B. die Zähne von AB mit der Kante oder dem Umfange dieses Rades einen Winkel von mehr als 45° bilden, so werden die Zähne von CD länger als diejenigen von AB; die Wirkung ist dann weniger geregelt und die Construction schwieriger. Deshalb muß man an beiden Rädern die Zähne nur mit 45° auf den äußersten Umfang sich neigen lassen. Die Räder können alsdann einander auch gegenseitig treiben.

Man wendet das schräg gezahnte Räderwerk im Kleinen an, um die Bewegung rechtwinklig fortzupflanzen, sowohl um bei einer geringern Extension eine Zunahme an Stärke zu bekommen, als auch um die Genauigkeit der Bewegung zu befördern. Die Friction und Abnutzung der Räder ist beträchtlich, weshalb man diese Art von Rädern bei einer mittelmäßigen Größe schon mit geringern Vortheil anwenden kann, als Kegelräder.

Drittes Kapitel.

Ueber die Dimensionen der Zähne; über die Formen und Dimensionen der Speichen, Felgen, Axen u. s. w.

---

§. I.

Bestimmung der Dimensionen der Zähne.

56) Man kann die Zähne eines Rades betrachten als Stücke, die unverrückbar in einen Körper (welcher hier die Felge ist) befestigt und am freien Ende belastet sind. Diese Voraussetzung läßt sich auch dann machen, wenn die Zähne einzeln in die Felgen gesetzt sind, sobald sie nur durch die gewöhnliche Verbindungsweise hinlänglich fest und unverrückbar mit den Felgen vereinigt sind; es ist jedoch sicher, daß ein Zahn, welcher mit der Felge aus einem Stück besteht, oder mit derselben einen einzigen Körper bildet, größere Stärke besitzt, als ein eingesetzter Zahn; aber in der Praxis kann man diese Differenz ganz außer Rechnung lassen.

Um deshalb die Dimensionen der Zähne durch Berechnung zu bestimmen, muß man sich der Formel bedienen, welche im ersten Theil Art. 150 für die oben genannte Stellung eines befestigten Stückes angegeben ist.

Da das Räderwerk eine gleichförmigere Bewegung hat, wenn die Zähne klein sind, und man alsdann sicher annehmen kann, daß mehr als zwei Zähne in gegenseitiger Berührung sind, und daß der Druck nicht auf einen einzelnen Zahn ausgeübt wird, so ist man gewohnt, die Zähne eher breit als dick zu nehmen. Man scheint hierfür angenommen zu haben, für jede 60 bis 75 niederländische Pfund Vermehrung des Druckes auf die Zähne ihre Breite um einen niederländischen Zoll zu vermehren. Nach dieser Regel werden die Zähne sehr dünn, und es kann folglich eine große Zahl derselben auf den Umfang des Rades gesetzt werden. Für 60 niederländische Pfund Druck (denn es ist sicher, hier die kleinste Zahl zu nehmen, besonders wenn der Druck nicht groß und also auch die Breite nicht beträchtlich ist) wird dann die Breite der Zähne 1 Zoll, für 120 Pfund 2 Zoll u. s. w. Dieses gilt jedoch ausschließlich für Räderwerk, welches aus irgend einem Metall gegossen wird. Man sollte hieraus schließen, daß die Dicke der Zähne unveränderlich dieselbe sey, so daß für einen Druck von 600 Pfund dieselbe Dicke erforderlich sey, als für einen Druck von 60 Pfund, sobald nur die Zähne im ersten Falle zehnmal breiter sind als im letzten Falle. Die Sache würde sich auch in der That so verhalten, wenn man des regelmäßigen Eingriffes der Zähne vollkommen versichert wäre; es verursachen jedoch die unvermeidlichen Ungenauigkeiten der Construction, daß die Zähne einander nicht über die ganze Breite berühren, sondern sehr häufig in kleiner Extension dieser Breite. Folglich muß die

Dicke der Zähne bei der Vermehrung des Druckes auch verhältnißmäßig zunehmen, damit die erwähnte Unvollkommenheit der Berührung mit in Rechnung komme.

Die Länge der Zähne beträgt selten mehr als $\frac{3}{4}$ ihrer Dicke, wenn die treibenden Zähne nur Flügel haben, und nicht mehr, als $1\frac{1}{2}$ mal die Dicke, wenn die Zähne aus Flügeln und Flanken bestehen. Die Unvollkommenheit der Berührung bringt es jedoch mit sich, daß man bei der Berechnung auf die Länge der Zähne keine Rücksicht zu nehmen braucht.

Dieses alles zusammengenommen, und auch nicht aus dem Auge verloren, daß die Zähne sich abnutzen, so wird die Formel, durch welche ihre Dicke berechnet werden muß:

$$d = \sqrt{\frac{10{,}7 \times D}{k}};$$

in welcher d die Dicke der Zähne, D den Druck in Pfunden, welcher auf die Zähne ausgeübt wird, und k den absoluten Zusammenhang des Stoffes bezeichnen, aus welchem die Zähne bestehen.

57) Es bezeichne Fig. 55 den Zahn eines Rades, welcher gedrückt wird durch den entsprechenden Zahn eines andern Rades. Wäre nun die Form der Zähne sehr unvollkommen, so würde die Mittheilung des Druckes auf die nachtheiligste Weise stattfinden, wenn die Berührung gerade in dem Winkelpunkte A des Zahnes erfolgte. Wir wollen annehmen, daß dieses sich also verhalte. Wird nun der ganze Druck auf den Punkt A ausgeübt, so kann bei einem Uebermaaße dieses Druckes zwar nicht der ganze Zahn, wohl aber ein Theil CDEF, welcher am Winkel A liegt, abgebrochen werden. Ist der Zahn überall gleich stark, so wird die Bruchlinie eine solche Lage haben, daß AD = AC ist; denn, wenn

der Druck gerade auf den Punkt A erfolgt, so ist kein Grund vorhanden, weshalb die Bruchfläche CBDEF sich an der Seite AD näher oder weiter von A befinden sollte, als an der Seite AC. Ist dieses nun der Fall, so ist das Dreieck ACD gleichschenklig, und da es in A einen rechten Winkel hat, so ist es die Hälfte eines Viereckes. Läßt man also aus A auf CD einen Perpendikel AB fallen, so muß ABC oder ABD auch ein gleichschenkliges Dreieck seyn; deshalb ist $AB = BC = BD$, d. i. $AB = \frac{1}{2} CD$, oder $CD = 2AB$.

CBDEF kann betrachtet werden als ein Stück, welches unverrückbar mit dem Zahne vereinigt ist, und dessen Stärke wird also berechnet durch die Formel

$$D = \frac{kbd^2}{6l}$$

(siehe Theil 1. Art. 150); in dieser Formel ist die Breite b gleich der Breite am Punkte der Befestigung $= CD$; die Länge l ist der Abstand AB; deshalb muß $b = 2l$ seyn, und

$$D = \frac{kld^2}{3l} = k \cdot \frac{d^2}{3},$$

welche Formel also unabhängig ist von der Länge und Breite der Zähne. Dieses Tragvermögen ist jedoch das Aeußerste; man nehme deshalb der Sicherheit wegen nur die Hälfte davon an und setze ferner, daß die Zähne durch die Abnutzung zum wenigsten bis auf $\frac{3}{4}$ ihrer ersten Dicke geschwächt sind, so bekommt man

$$D = k \cdot \frac{(\frac{3}{4}d)^2}{6} = k \cdot \frac{9d^2}{96} = k \cdot \frac{d^2}{10,7}$$

und hieraus folgt alsdann

$$d = \sqrt{\frac{10,7 \times D}{k}};$$

wodurch die Dicke der Zähne auf dem Theilkreise berechnet werden kann.

58) Um diese Formel anzuwenden, wollen wir erst annehmen, daß die Zähne aus Gußeisen sind; alsdann muß, nach Art. 147 Theil I, k = 1070 Pfd. genommen werden, um die Dicke in niederländischen Zollen zu finden.

Die Formel ist dann für Gußeisen.

$$d = \sqrt{\frac{10,7 \times D}{1070}} = \sqrt{0,01\,D},$$

d. i. die Quadratwurzel aus $\frac{1}{100}$ des drükkenden Gewichtes wird die Dicke der Zähne in niederländischen Zollen angeben, und nach dieser Regel ist folgende Tabelle berechnet.

Tabelle der Breite und Dicke der Zähne von gußeisernem Räderwerk.

Druck auf d. Zähne in niederländ. Pfd.	Breite d. Zähne in niederl. Zollen	Dicke der Zähne in niederl. Zollen	Druck auf d. Zähne in niederländ. Pfd.	Breite d. Zähne in niederl. Zollen	Dicke der Zähne in niederl. Zollen
60	1	0,77	600	10	2,45
120	2	1,09	900	13	3,00
180	3	1,34	1200	17	3,46
240	4	1,54	1500	20	3,87
300	5	1,73	1800	24	4,24
360	6	1,90	2100	28	4,60
420	7	2,05	2400	30	4,90
480	8	2,20	2700	34	5,20
540	9	2,32	3000	38	5,50

Da bei großen Rädern, welche breite Zähne haben, weniger Wahrscheinlichkeit vorhanden ist, daß der ganze Druck auf das eine Ende eines Zahnes werde ausgeübt werden, als dieses bei kleinen Rädern der Fall ist, so ist die Breite der Zähne in der Tabelle in der Art bestimmt, daß der Druck auf jeden Zoll, für einen totalen Druck von 60 bis 600 Pfund, 60 Pfund beträgt; von 900 bis 1500 Pfund ist dieser Druck zu 70 Pfund, von 1500 bis 2400 Pfund auf 75 Pfund, und von 2400 bis 3000 Pfund auf 80 Pfund gesetzt.

Aus der Tabelle ergiebt sich ferner, daß die Zähne für den großen Druck von 3000 Pfund nur eine Dicke von $5\frac{1}{2}$ Zoll bekommen, so daß ihre Anzahl auf dem ganzen Umfange des Rades noch immer ansehnlich seyn kann. Die in der Tabelle angegebene Breite und Dicke würde zwar nicht nöthig seyn, wenn man immer auf den richtigen Eingriff der Räder sich verlassen könnte, aber in großen Maschinen kann man hierauf keineswegs bauen; ein einziger Stoß läßt die Zähne nicht selten auf einzelne Punkte wirken, und man ist also, um das Brechen ganz sicher zu vermeiden, gar sehr genöthigt, den Zähnen ein großes Uebermaaß von Stärke zu geben; denn bricht zufällig ein Zahn, so wird es schwierig und meistens unmöglich seyn, denselben durch einen neuen Zahn zu ersetzen, was sehr leicht ist, wenn die Zähne aus Holz und einzeln in die Felgen eingesetzt sind.

Wollte man die Breite der Zähne kleiner nehmen, als in der Tabelle angegeben ist, so müßte man die Dicke im Verhältnisse der Verminderung der Breite vergrößern, indem man annimmt, daß die Druckkraft auf das Ende der Zähne um das ganze Gewicht vermehrt werden könne, welches man sonst auf die größere,

in der Tabelle angegebene Breite sich vertheilt denken kann. Wenn man z. B. die Breite von 38 Zollen, welche einem Druck von 3000 Pfunden entspricht, bis auf 25 Zolle vermindern wollte, so würde die Verminderung 13 Zoll betragen; auf jeden Zoll rechnet man 80 Pfd. Druck, also auf die 13 Zoll 1040 Pfd., welche zum ersten Druck hinzugerechnet, 4000 Pfd. Druck in runder Zahl geben, auf welche man nun die Berechnung machen muß; die Dicke der Zähne wird dann werden $d = \sqrt{0{,}01 \cdot 4000} = \sqrt{40} = 6{,}3$ Zoll statt 5,50 Zoll.

Uebrigens bedarf es keiner Erklärung für die Anwendung der Tabelle; und was die Dicke und Breite der Zähne anlangt, auf welche Druck erfolgt, welcher den angegebenen Drucken nicht gleich ist, oder nahe kommt, so muß man diese Drucke dann besonders nach der angegebenen Regel berechnen.

Die Tabelle ist nicht zu benutzen für kleines eisernes Räderwerk, auf welches kein großer Druck ausgeübt wird; es geben dann die Umstände häufig von selbst die Breite an, und die Dicke kann wohl nicht unter drei Linien genommen werden; man kann jedoch auch in diesen Fällen von der Formel Gebrauch machen.

Endlich bemerke man noch, daß bei Kegelrädern die Dicke der Zähne auf der Mitte ihrer Breite, nicht aber an den Außenenden gerechnet werden müsse.

Das messingene Räderwerk ist meistentheils klein, kann deshalb genauer verfertigt werden, und wirkt regelmäßiger, als das große Räderwerk; aus diesem Grunde brauchen die Zähne kein solches Uebermaaß von Stärke zu besitzen, welches den Zähnen des eisernen Räderwerkes gegeben ist; man kann bei gleichen Drucken die Breite der Zähne zu $\frac{3}{4}$ der

Breite der eisernen Zähne annehmen, aber die Dicke muß man berechnen durch die Formel:

$$d = \sqrt{\frac{10{,}7 \times D}{460}} = \sqrt{0{,}0233 \times D}.$$

Die hölzernen Zähne des hölzernen Räderwerkes können für großen Druck nicht die Breite bekommen, welche die eisernen Zähne des eisernen Räderwerkes haben müssen, indem die Felgen dann eine übermäßige Dicke bekommen würden; aber eine solche Breite ist auch für diesen Fall unnöthig, da die Wirkung hölzerner Zähne sanft ist, und die möglichen Stöße viel weniger heftig sind, als diejenigen der Zähne des eisernen Räderwerkes, während man endlich immer im Stande ist, einen zufällig zerbrochenen Zahn durch einen neuen zu ersetzen. Die Breite der Zähne beträgt gewöhnlich 5 bis 10 niederländische Zolle, Kronräder und Kegelräder hiervon ausgenommen; denn bei der ersten Art von Rädern wird die Breite der Kammen durch die Construction von selbst bekannt (man vergleiche das vorhergehende Kapitel), und bei den Kegelrädern hat man von selbst Gelegenheit, den Zähnen eine größere Breite zu geben.

Die Dicke hölzerner Zähne (welche man aus Tyroler Essigholz, oder in Ermangelung desselben aus Eschenholz verfertigt) muß bestimmt werden durch die Formel

$$d = \sqrt{0{,}052 \cdot D}.$$

Eine geringere Dicke als 4 Zoll kann man den Zähnen des hölzernen Räderwerks, sobald es nur mittelmäßig groß ist, nicht geben; mit dieser Dicke können sie einen Druck von 300 Pfunden aushalten, so daß man sie für diesen, wie für schwächere Drucke nicht dünner nehmen darf, außer in kleinen Maschi-

nen, für welche es dann auch weniger nöthig ist, die Dimensionen der Theile durch Berechnung zu bestimmen. Für größere Drucke kann man nachstehende Tabelle benutzen.

Tabelle über die Dicke der hölzernen Zähne des hölzernen Räderwerks.

Druck auf die Zähne in niederl. Pfunden	Dicke d. Zähne in niederl. Zollen	Druck auf die Zähne in niederl. Pfunden.	Dicke d. Zähne in niederl. Zollen
300	4,0	600	5,6
350	4,2	700	6,0
400	4,5	800	6,4
450	4,8	900	6,9
500	5,1	1000	7,2

59) Durch diese Tabellen und durch die oben stehenden Anmerkungen wird man nun immer im Stande seyn, die Dicke der Zähne auf dem Theilkreise der Räder zu bestimmen. Indem man zur Dicke den Zwischenraum addirt, bekommt man die Schrift, woraus man dann ferner die Umfänge und die Durchmesser berechnen kann, wenn die Anzahl der Zähne gegeben ist.

Wenn ferner die Räder durch Drillinge mit zwei Scheiben oder mit einer Scheibe in Bewegung gesetzt werden sollen, so ist die Dicke der Treibstekken durch die Dicke der Zähne oder Kammen von selbst bekannt (siehe das vorhergehende Kapitel). Die Treibstecken werden in dem hölzernen Räderwerk aus sehr hartem Holz, z. B. aus Buchsbaumholz, oder aus Franzosenholz gedreht; mit Nutzen wendet man auch eiserne Treibstecken an, die auf hölzerne Zähne wirken; endlich hat man vorgeschlagen, Treibstecken aus gegossenem Glas anzuwenden, und wegen der Härte dieses Stoffes ließe sich aller-

dings erwarten, daß die Abnutzung gering seyn müßte; jedoch haben noch keine Versuche den nützlicheren Gebrauch solcher Treibstecken dargethan.

Die Reibung und Abnutzung der Zähne werden zum größten Theil vermindert, und die Sanftheit der Bewegung sehr befördert, wenn man hölzerne Zähne auf eiserne Zähne oder Stecken wirken läßt, und umgekehrt; darum wird es bei Maschinen von einigem Belang nützlich seyn, die Zähne des treibenden Rades von Holz, und diejenigen des getriebenen Rades von Eisen zu nehmen, und diese Ordnung darf man niemals umkehren, da die stattfindenden Stöße immer vom treibenden Rade herrühren und zu heftig seyn können, wenn das treibende Rad eiserne Zähne hat.

Die eisernen Zähne für das hölzerne Räderwerk, wie auch die eisernen Treibstecken werden gegossen und dann gleich hölzernen Zähnen in die Felgen oder Scheiben gesetzt. Hölzerne Zähne für Räder mit eisernen Felgen und Speichen oder Armen werden in Löcher gesetzt und fest geschlossen, die gleich beim Gießen für diesen Zweck in den Felgen angebracht sind. Es ist natürlich, daß die hölzernen Zähne dicker werden, als die eisernen, indem sie in einem Verhältnisse zunehmen, welches aus den vorhergehenden Tabellen schon bekannt ist; der Zwischenraum der eisernen Zähne wird deshalb größer, als derjenige der hölzernen Zähne, aber die Breite der hölzernen Zähne wird derjenigen der eisernen gleich.

Man ist nicht immer im Stande, breite Räder, die nicht groß seyn sollen, welche jedoch große Stöße sollen aushalten können, mit hölzernen Zähnen zu versehen. In solchem Falle gießt man die Zähne über ihre Breite in zwei Hälften (siehe Fig. 56), so daß die ersten halben Zähne a den Lücken b der andern halben Zähne gegenüber liegen.

Sind die Zähne von zwei auf einander wirkenden Rädern so gestellt, so müssen sie dann immer in Berührung seyn; die Tracht wird deshalb so viel wie möglich über den größten Theil der Breite vertheilt seyn; die Stöße werden sehr vermindert, oder wohl ganz vernichtet werden, und die Wahrscheinlichkeit des Zerbrechens wird folglich in einem geringern Maaße bestehen, als bei Zähnen, welche die volle Breite der Felge des Rades haben.

§. II.

Ueber die Formen und Dimensionen der Armen und Felgen des eisernen Räderwerkes; ihre Verbindungen mit den Naben u. s. w.

60) Das eiserne Räderwerk wird, je nach seiner Größe, aus einem oder aus verschiedenen Stücken gegossen; von den Verbindungen dieser Stücken zu einem Ganzen soll sogleich näher die Rede seyn; zuvor muß hauptsächlich über die Dimensionen der Felgen und Arme gehandelt werden. Hierüber ist jedoch im Allgemeinen zu bemerken, daß diese Dimensionen nach dem sachverständigen Urtheile des Gießers modificirt werden müssen; denn davon, daß sie gehörig stark gegossen sind, hängt alles ab, und dazu müssen die Formen und Dimensionen manchmal besonders regulirt werden. In Betreff dieses Punktes können hier keine besondern Erörterungen stattfinden.

In Betreff der Dimensionen der Felgen, d. h. was die Bestimmung der Dicke des massiven Bogens ab Fig. 57 anlangt, auf welchem die Zähne stehen, ist blos zu bemerken, daß es nicht Noth thut, diese durch Berechnung zu bestimmen. Die Felge braucht, wenn sie durch die nöthige Anzahl von Speichen oder Armen unterstützt und mit der Nabe

A des Rades verbunden ist, nur so dick zu seyn, daß sie den Zähnen eine hinlänglich starke Basis gewährt, was sicherlich der Fall seyn wird, wenn ihre Dicke der Dicke der Zähne gleich ist, so wie die Breite der Felgen auch der Breite der Zähne gleich ist; viel schwächer kann man diese Dicke selten nehmen, obschon es auch nicht nöthig ist, dieselbe größer zu bestimmen, wenn sie zu einem gehörig starken Guß bereits ausreichend ist.

61) Speichen oder Arme sind diejenigen Theile AC der Räder, welche die Felgen zusammenhalten und mit den Naben verbinden; sie können betrachtet werden als Stücke, die mit dem einen Ende unverrückbar in den Naben befestigt sind und auf das andere Ende C durch die Kraft gedrückt werden, welche in der Richtung CD auf den Umfang des Rades wirkt.

Der Effect dieser Kraft wird (bei einer hinlänglichen Stärke der Arme gegen das Zerbrechen) in einem Biegen des Armes AC bestehen; aber dieser Arm kann sich nicht biegen, ohne daß auch die Felge dieser Bewegung folgt, und dieses kann wiederum nicht geschehen, es müßten sich denn alle Arme zugleich mit biegen, so daß die ganze Biegung sich unter alle Arme vertheilt. Die Anzahl der Arme in einem Rade muß also bei der Bestimmung ihrer Dimensionen vornämlich in Betrachtung kommen. Denn so wie die Biegung eines Armes diejenige der übrigen zur Folge hat, so ist es auch nicht ein einziger Arm, welcher der auf dem Umfange des Rades wirkenden Kraft Widerstand leistet, sondern alle Arme zusammen genommen werden den Druck dieser Kraft erfahren.

Die Länge der Arme bestimmt sich von selbst durch die Größe der Räder und diejenige der Naben. Die Größe der Räder hängt ab von der

Größe der Drucke und Geschwindigkeiten, die sie empfangen oder mittheilen müssen. Diese Größe wird deshalb nach den vorliegenden Zwecken und Bedingungen, und nach den Grundsätzen, welche in den vorhergehenden Kapiteln aufgestellt worden, ohne Schwierigkeit bestimmt. Die Größe der Naben muß sich nach der Zahl der Arme richten, damit letztere sich nicht an der Nabe einander berühren, wenn die genannte Nabe zu klein genommen seyn sollte, und diese Bestimmung unterliegt auch keiner Schwierigkeit irgend einer Art. Darum ist alsdann in jedem Fall die Länge der Arme von dem gezahnten Umfange C bis zu dem Umfange B der Nabe bekannt.

Die Breite der Arme, d. h. ihre Dicke parallel der Axe (und nicht ihre Dicke cd in der Bewegungsrichtung des Rades) ist häufig willkürlich; weniger jedoch für kleine, als vielmehr für mittelmäßige und große Räder wird es rathsam seyn, die Breite der Arme der Breite der Felgen gleich zu nehmen. Zieht man es vor, die Breite der Arme von nicht sehr großen Rädern weniger breit als die Felgen zu nehmen, um dadurch mehr in ihrer Dicke gewinnen zu können, so muß man dieselben doch an den Felgen so breit machen, als die letztern selbst, damit eben die Felgen über ihre ganze Breite von den Armen Unterstützung erhalten. Die Arme müssen für diesen Zweck in der Richtung der Breite fächerartig zur Felge auslaufen (siehe Fig. 58, in welcher AB den Durchschnitt der Felge, C den Arm und DE den Durchschnitt der halben Nabe darstellt).

Diese Ausbreitung der Arme an den Felgen muß man auch in der Richtung ihrer Dicke cd Fig. 57 immer herzustellen suchen, weil dieses die Stärke der Arme sehr viel befördert, selbst wenn sie (im Falle das ganze Rad aus einem einzigen Stück gegossen ist) massiv mit den Naben und Felgen ver-

bunden sind. Sind die Arme, die Naben und die Felgen alle einzeln gegossen, so wird durch diese Ausbreitung die Festigkeit ihrer Verbindung befördert. Wenn die Arme zerbrechen sollten, so wird dieses wahrscheinlich an der Nabe sich ereignen, aus welchem Grund es auch eine wesentliche Vermehrung der Stärke ist, daß die Arme auf der Nabe fächerartig oder rund zulaufen, wie in Fig. 57 zu sehen ist; dieses hat man jedoch ohne eine beträchtliche Erschwerung des Rades 2c. nicht immer in seiner Gewalt, sobald dasselbe aus vielen Stücken gegossen wird.

Es ist dann allein die Dicke der Arme (d. h. ihre Breite cd in der Richtung der Bewegung des Rades), welche man durch Berechnung in allen den Fällen, wo sich dieses nöthig macht, bestimmen muß; denn meistens ist für das kleine Räderwerk die geringste Dicke, bei welcher man das Eisen noch mit Stärke gießen kann, für die Dicke der Arme hinlänglich, so daß eine Berechnung alsdann unnöthig wird.

Die Berechnung der Dicke der Arme hängt ab von der Form, welche man ihnen in ihrem Durchschnitte geben will, und von der Quantität der Biegung, die sie ohne allen Nachtheil ertragen können. Für die gebräuchlichsten Formen von Durchschnitten folgen hier die Formeln für die Bestimmung der Dicke der Arme, indem es nicht wohl möglich ist, für alle verschiedenen Fälle Tabellen zu geben, aus welchen man eine verlangte Dicke der Arme sogleich entnehmen kann.

Alle diese Formeln sind gefunden worden mit Hülfe der Regeln und Angaben, welche im ersten Theile Art. 150 u. ffg. vorkommen, und unter der Voraussetzung einer mittlern Biegung von 1 Linie auf die Elle, welche Biegung für Räder von 1,5 Ellen Halbmesser (und weniger) wohl größer seyn

könnte, aber für größere Räder kann sie auch wiederum nicht größer genommen werden, da sie alsdann für das Gußeisen nachtheilig werden könnte. Ueber dieses sind für die verschiedenen Durchschnitte meistentheils zwei Formeln angegeben, eine unter der Voraussetzung, daß die Dicke sich überall gleich sey, und eine andere für den Fall, daß man die Dicke des Armes an der Nabe noch einmal so groß nehme, als an der Felge. Die letztere Einrichtung hat eine Ersparniß an Stoff, und also auch eine Erleichterung des Rades zur Folge, aber die Biegung ist größer, als diejenige eines Armes, der überall gleiche Dicke hat.

62) Da alle die nachstehenden Formeln auf dieselbe Weise gefunden sind, so wird es genügen, den eingeschlagenen Weg für die Auffindung der beiden ersten näher anzugeben.

Nimmt man an, daß der Durchschnitt des Armes rechtwinklig sey, und daß die Dicke überall gleich genommen sey, so wird das Gewicht, womit man den Arm (der an dem einen Ende befestigt ist) am andern Ende belasten kann, so daß er eine Biegung von a Zollen erfährt, bestimmt werden durch die Formel

$$G = \frac{1}{4} \cdot \frac{k}{u} \cdot \frac{b d^3}{l^3} \cdot a,$$

(siehe erster Theil Art. 150 und Art. 156), in welcher Formel b die Breite, d die Dicke und l die Länge des Armes in niederländischen Zollen bezeichnet, ferner k den Zusammenhang des Stoffes, und u die Längenausdehnung, welche das größte Gewicht verursacht, ohne daß der Zusammenhang gestört wird. Für Gußeisen ist k = 1070 niederländische Pfunde, und u = 0,00083.

Wenn nun G die Druckkraft ist, welche am Umfang auf die Zähne eines Rades wirkt, so wird dieses Gewicht nicht von einem einzigen Arme getragen, sondern von allen Armen zusammen genommen. Nennt man deshalb die Anzahl der Arme p, so wird das Gewicht, welches auf jeden Arm drückt, oder welches man als ein solches betrachten kann

$$\frac{G}{p} = \frac{k}{4u} \cdot \frac{bd^3}{l^3} \cdot a,$$

oder

$$G = \frac{k}{4u} \cdot \frac{bd^3}{l^3} \cdot a \cdot p;$$

woraus folgt

$$bd^3 = \frac{4u}{k} \cdot \frac{Gl^3}{ap}.$$

Da die Biegung auf 100 Zoll 0,1 Zoll betragen muß, so wird sie auf l Zolle 0,001 · l Zolle ausmachen; deshalb ist a = 0,001 · l; ferner ist $\frac{4u}{k}$ = 0,00332 : 1070 = 0,0000031028, und wenn man diese Zahlen in die vorige Formel bringt, so erhält man

$$bd^3 = 0{,}0000031028 \cdot \frac{Gl^3}{0{,}001 \cdot l \cdot p},$$

d. i.

$$bd^3 = 0{,}0031028 \cdot \frac{Gl^2}{p};$$

wenn man nun (was manchmal eine bequemere Rechnung giebt) die Länge l in Ellen, und nicht in Zollen setzen will, so wird die Länge 100 l, und l^2 muß dann verändert werden in 100 · 100 · l^2 = 10000 l^2, dadurch wird

$$bd^3 = 31{,}028 \cdot \frac{Gl^2}{p},$$

in welcher Formel die Länge l in Ellen angegeben werden muß, wo dann bd^3 in Zollen bekannt wird.

Vermindert man die Dicke von der Nabe bis zur Felge, so daß sie daselbst nur noch die Hälfte der anfänglichen Dicke ist, so findet man mit Hülfe der Formeln, die im ersten Theile Art. 157 vorkommen

$$bd^3 = 50{,}731 \cdot \frac{Gl^2}{p} \text{ *)}.$$

63) I. Wenn der Durchschnitt des Armes ein Rechteck ist, und wenn man dann die Dicke d, die gegebene Länge und Breite l und b, den Druck auf die Zähne G und die Zahl der Arme p nennt, so wird die Dicke berechnet werden müssen durch die Formel

$$d^3 = 31{,}028 \cdot \frac{Gl^2}{bp},$$

und wenn die Dicke an der Felge die Hälfte der Dicke an der Nabe beträgt, so wird diese letztere Dicke bekannt aus der Formel

$$d^3 = 50{,}731 \cdot \frac{Gl^2}{bp}.$$

Anmerk. In diesen und den folgenden Formeln muß G bekannt seyn in niederländischen Pfunden, l in niederländischen Ellen, b in niederländischen Zollen und d wird dann auch in niederländischen Zollen bekannt werden.

---

*) Man bekommt diese Formel auch auf die Weise, daß man die vorhergehende mit 1,635 multiplicirt, welche Zahl das Verhältniß zwischen den Quantitäten der Biegung der Stücke ist.

Ein Beispiel wird den Gebrauch oder die Behandlung der vorhergehenden und der nachfolgenden Formel erläutern.

Wie dick muß man die sechs Arme eines Rades nehmen, das $1\frac{1}{2}$ Elle Halbmesser hat, und auf dessen Umfang ein Druck von 1000 niederländischen Pfunden ausgeübt wird, mit der Voraussetzung, daß die Breite auf 8 Zolle, die Länge der Arme auf 1,2 Ellen bestimmt sey, und daß die Dicke sich überall gleich bleibe?

In der ersten Formel wird dann

$G = 1000$; $l = 1{,}2$; $b = 8$ und $p = 6$,

deshalb ist

$$d^3 = 31{,}028 \cdot \frac{G l^2}{p b} = 31{,}028 \cdot \frac{1000\,(1{,}2)^2}{6 \cdot 8}$$

$$= 31{,}028 \cdot \frac{125 \cdot 1{,}44}{6} = 31{,}028 \cdot 125 \cdot 0{,}24 = 930{,}84,$$

der Cubus der Dicke ist alsdann 930,84; und zieht man aus dieser Zahl die Cubikwurzel, so findet man $d = 9{,}7$ Zoll.

Wenn die Dicke an der Felge halb so viel als an der Nabe betragen soll, so muß man die Formel

$$d^3 = 50{,}731 \cdot \frac{G l^2}{p b}$$

gebrauchen, durch welche man dann finden wird $d = 11{,}5$ Zoll. Dieses ist nun die Dicke an der Nabe, weshalb die Dicke an der Felge 5,75 Zoll betragen muß.

II. Wenn der Durchschnitt Fig. 59 eine Raute ist, deren kurze Diagonale ab die Hälfte der langen Diagonale cd ist, welche für die Dicke genommen

wird, so muß diese Dicke berechnet werden durch die Formel

$$d^4 = 248{,}622 \cdot \frac{G l^2}{p},$$

wenn sie nämlich auf der ganzen Länge sich gleich bleibt; und sie wird berechnet durch die Formel

$$d^4 = 406{,}497 \cdot \frac{G l^2}{p},$$

wenn die Dicke von der Nabe bis zur Felge bis zur Hälfte abnimmt. Es giebt diese Formel alsdann die Dicke des Armes an der Nabe.

Diese Form der Arme, wie auch die Fig. 60 angegebene, ist sehr brauchbar für Räder, welche keine breiten Felgen haben, jedoch mit großer Geschwindigkeit bewegt werden; die scharfe Kante a spaltet die Luft und erfährt also von derselben während der Bewegung wenig Widerstand.

Anmerk. In Fig. 61 und den folgenden Figuren ist jedesmal neben dem Durchschnitte eine horizontale Projection oder Grundriß der Speiche gegeben, um ihre Gestalt und Form besser anschaulich zu machen.

III. Ist der Durchschnitt linsenförmig, wie in Fig. 60, so wird für eine gleichförmige Dicke

1) wenn $ab = \frac{1}{2} cd$ ist, $d^4 = 206{,}853 \cdot \frac{G l^2}{p}$;

2) wenn $ab = \frac{1}{3} cd$ ist, $d^4 = 304{,}196 \cdot \frac{G l^2}{p}$;

und wenn die Dicke an der Felge halb so groß ist, als an der Nabe,

1) wenn $ab = \frac{1}{2} cd$ ist, $d^4 = 338{,}205 \cdot \frac{G l^2}{p}$;

2) wenn $ab = \frac{1}{3} cd$ ist, $d^4 = 497{,}361 \cdot \frac{Gl^2}{p}$.

Die linsenförmigen Arme sind also weit stärker, als die rautenförmigen.

IV. Wenn der Durchschnitt ein längliches Sechseck $abdfec$ Fig. 61 ist, in welchem $ae =$ der Dicke d ist, und $cd = de$ der Breite b, unter der Voraussetzung, daß die Breite ab der Seitenkanten gleich sey der halben Breite cd in der Mitte, so hat man:

$$d^3 = 49{,}645 \cdot \frac{Gl^2}{bp},$$

für eine gleichförmige Dicke, und

$$d^3 = 81{,}169 \cdot \frac{Gl^2}{bp},$$

wenn die Dicke an der Felge bis hinauf an die Nabe sich verdoppelt.

V. Nimmt man denselben Durchschnitt wie in No. IV. an, jedoch so, daß die Breite hier Länge wird, und dagegen die Länge Breite, so wird, wenn man Fig. 61 No. 2, $ab = b$, $cf = d$ setzt, und überall $de = cd = ef = \frac{1}{3} d$ annimmt,

$$d^3 = 69{,}813 \cdot \frac{Gl^2}{bp},$$

oder auch

$$d^3 = 114{,}144 \cdot \frac{Gl^2}{bp}$$

seyn, je nachdem man die Dicke des Armes überall gleichförmig, oder von der Nabe nach der Felge sich um die Hälfte will vermindern lassen.

Obschon diese Form des Durchschnittes dem Arme geringere Stärke giebt, als die vorhergehende von No. IV., so ist dieselbe jedoch sehr tauglich für

Räder mit breiten Felgen, indem in diesem Falle die Breite a b größer, als die Dicke c f wird.

VI. Ist die Form des Durchschnittes ein Trapezium Fig. 62 No. 1, von welchem die Höhe c d zur Breite, und die Basis a b zur Dicke genommen wird, während die andere Seite c e $= \frac{1}{3}$ a b beträgt, so hat man die Dicke durch die Formeln des vorhergehenden Falles zu bestimmen, denn das Trapezium a b e c Fig. 62 No. 1 ist ähnlich der Hälfte des länglichen Sechseckes a c b f Fig. 61 No. 2, so daß die Bestimmung der Dicke vollkommen derjenigen des vorhergehenden Falles ähnlich ist.

Häufig bedient man sich dieser Form des Durchschnittes für Arme, die nicht allein eine abnehmende Dicke, sondern auch eine abnehmende Breite haben, so daß sie Fig. 62 No. 2 an der Nabe noch einmal so dick und breit sind, als an der Felge; die vordere Kante m n des Armes läuft dann senkrecht auf die Nabe zu; die hintere Kante o p schrägt sich gegen die Nabe hin ab und dient dem Arme zur Unterstützung. Die Dicke an der Nabe muß in diesem Falle bestimmt werden durch die Formel

$$d^3 = 197{,}88 \cdot \frac{G l^2}{p b},$$

in welcher Formel b die Breite an der Nabe bezeichnet, die man als gegeben betrachten muß. Wenn die Arme diese Form haben, so wird ihre hintere Kante an der Nabe außerhalb des Rades vorragen (Fig. 62 No. 3); sie widerstehen auf diese Weise dem Druck, den das Rad in einer der Axe parallelen Richtung erfährt. Aus diesem Grunde eignen sie sich besonders gut für Kegelräder und für gegossene Kronräder mit hölzernen Kammen.

Wenn allein die Breite zunimmt, während die Dicke dieselbe bleibt, so bekommt man die Formel

$$d^3 = 83,776 \cdot \frac{G l^2}{p b}.$$

Es wird die Stärke ungemein befördern, wenn auch die Dicke an der Nabe verdoppelt wird, es sey denn, daß bei einem großen Rade die Arme dadurch zu sehr erschwert werden, in welchem Falle man deshalb die letzte Formel anzuwenden hat.

VII. Wenn bei einer gleichförmigen Zunahme der Breite und Dicke zu gleicher Zeit die Form des Durchschnittes ein Dreieck ist, Fig. 62 No. 4, wovon die Ecken a und b an der Basis abgeschnitten sind, so muß die Dicke ab bestimmt werden durch die Formel

$$d^3 = 175,93 \cdot \frac{G l^2}{b p},$$

wobei nämlich vorausgesetzt wird, daß $ac = \frac{1}{3} de$ ist. Diese Formel wird

$$d^3 = 74,467 \cdot \frac{G l^2}{b p},$$

wenn es allein die Breite ist, welche an der Nabe das Doppelte der Breite an der Felge erlangt.

Unter dieser Form werden die Arme stärker seyn, als unter den vorhergehenden.

Da die Form des Durchschnittes No. 5 wenig von No. 4 differirt, wenn die Krümmung der Bogen ab und bc nicht sehr groß ist, so kann die Dicke durch dieselbe Formel berechnet werden, während man die Formel des vierten Falles benutzen kann, wenn der Durchschnitt dem in Fig. 62 No. 6 dargestellten ähnlich ist.

VIII. Aber wenn der Durchschnitt einem Kreuze bacdf mit drei Armen Fig. 63 ähnlich wird, so differirt er zu viel von der Form Fig. 62 No. 6, indem dann vorausgesetzt wird, daß die Breite ef

in der Mitte der halben Dicke ac, und die Breite ab und gh der Armen $\frac{1}{6}$ der Dicke ac gleich sey, und man muß dann die Dicke bestimmen

1) durch die Formel

$$d^4 = 132 \cdot \frac{Gl^2}{p},$$

wenn sie, wie auch die Breite, sich überall gleich ist;

2) durch die Formel

$$d^4 = 210 \cdot \frac{Gl^2}{p},$$

wenn die Dicke nach der Felge zu bis auf die Hälfte abnimmt;

3) durch die Formel

$$d^4 = 365,355 \cdot \frac{Gl^2}{p},$$

wenn Breite und Dicke zugleich an der Felge bis auf die Hälfte abnehmen.

IX. Für die Form des Durchschnittes Fig. 64 bedient man sich der Formel

$$d^3 = 53,039 \cdot \frac{Gl^2}{pb},$$

wenn die Dicke überall dieselbe bleibt, und die Breite sich bis zur Hälfte vermindert; und durch

$$d^3 = 125,306 \cdot \frac{Gl^2}{pb},$$

wenn Breite und Dicke zu gleicher Zeit abnehmen.

Anmerk. In diesen Formeln bezeichnet b die Seite ab, denn es ist auch cd = ab = b.

X. Die Form des Durchschnittes Fig. 65 ist für Räder mit schmalen Felgen gebräuchlich; bezeichnet man die Breite ab durch b, und nimmt man an, daß ac = $\frac{1}{6}$ der Dicke ad sey, ferner auch, daß die Tiefe der Ausschnitte $\frac{1}{6}$ der Dicke betrage, so berechne man die Dicke ad durch die Formel

$$d^3 = 83{,}006 \cdot \frac{G l^2}{p b},$$

unter der Voraussetzung, daß sie der ganzen Länge nach gleich sey; und durch die Formel

$$d^3 = 54{,}299 \cdot \frac{G l^2}{p b}$$

wenn sie an der Nabe noch einmal so groß ist, als an der Felge.

XI. Den Armen der Stirnräder mit breiten Felgen pflegt man im Durchschnitte die Gestalt eines Kreuzes Fig. 66 zu geben.

a) Nehmen wir zuerst an, daß die Dicke cd und be der Armen gleich $\frac{1}{5}$ der ganzen Breite ab genommen werde, so muß die Dicke des Armes ef bestimmt werden durch die Gleichungen

$$d^3 + \tfrac{4}{25} b^2 d = 155{,}14 \cdot \frac{G l^2}{p b};$$

$$d^3 + \tfrac{4}{25} b^2 d = 253{,}654 \cdot \frac{G l^2}{p b},$$

je nachdem die Dicke überall gleich ist, oder an der Nabe noch einmal so groß, als an der Felge.

b) Wenn man zweitens annimmt, daß die Dicke cd und be der Arme nur $\frac{1}{6}$ der Breite b beträgt, so gestalten sich diese Gleichungen folgendermaßen

$$d^3 + \tfrac{5}{36} b^2 d = 186{,}168 \cdot \frac{G l^2}{p b};$$

$$d^3 + \tfrac{5}{36} b^2 d = 304{,}385 \cdot \frac{G l^2}{p b}.$$

Aus diesen Gleichungen kann die Dicke zwar unmittelbar bestimmt werden, jedoch ist es leichter, die Gleichung durch Versuche aufzulösen. Es werden z. B. gegeben ein Rad mit 8 Armen zu 2 Ellen Länge und einer Felge von 30 Zoll Breite, wäh-

rend der Druck auf die Zähne 1800 Pfund beträgt. Wenn dann die Dicke des mittelsten Armes cf gleichförmig werden, und die Dicke der beiden Arme $\frac{1}{6}$ der Breite b d. i. 5 Zoll betragen soll, so muß hier die Gleichung

$$d^3 + \frac{5}{36} b^2 d = 186{,}168 \cdot \frac{G l^2}{p b}$$

angewendet werden. Setzt man in dieser G = 1800, l = 2, p = 8, b = 30, so erhält man

$$d^3 + \frac{5}{36} \cdot 900 d = 186{,}168 \cdot \frac{4 \cdot 1800}{8 \cdot 30}$$

d. i. $d^3 + 125 d = 5585$;

man setze nun z. B. d = 16, so wird d^3 = 4096, und 125 d = 2000, deshalb

$$d^3 + 125 d = 6096,$$

und 16 ist deshalb zu groß, 15 wird zu klein seyn, jedoch 15,4 wird der Gleichung sehr nahe kommen, und die Dicke d kann also auf 15,4 Zoll gestellt werden.

c) Häufig macht man, um die Stärke in der Mitte zu vermehren, die Dicke des Querarmes ab in der Mitte ein wenig beträchtlicher. Der Arm bekommt dann im Durchschnitt und im Grundrisse die Gestalt, welche Fig. 67 angegeben ist.

64) Um diese Formeln nun anwenden zu können, muß man im voraus auch wissen, wieviel Arme im Rade seyn sollen, d. h. man muß die Zahl p der Arme kennen. Da die Arme zur wesentlichen Unterstützung der Felgen dienen, und viele Unannehmlichkeiten daraus entstehen könnten, wenn die Unterstützungspunkte der Felgen zu weit von einander ständen (z. B. daß die Felge, wenn sie im Vergleich zu ihrer Dicke zu lang ist, sich einwärts biegt, während das Rad im Zustande der Ruhe sich befindet, oder während der Bewegung nachgiebt, und

durch den Druck eines andern Rades gegen ihre Zähne zusammengedrückt wird u. s. w.), so begreift man leicht, daß die Zahl der Arme mit der Vergrößerung des Rades und mit der Vermehrung der Kraft zunehmen müsse, mehr aber noch muß dieses mit der Zunahme des Durchmessers des Rades der Fall seyn, weil bei einer größern Druckkraft die Dicke der Zähne und Felgen sich auch verhältnißmäßig vergrößern muß. Eine Formel zur Bestimmung der Anzahl Arme nach der Größe des Rades und dem gegen die Zähne stattfindenden Druck ist sehr leicht aufzufinden, jedoch wird das Ergebniß häufig Modificationen erfahren müssen, wodurch ihre Anwendung umständlich und mangelhaft werden würde. Darum wird es genügen, nur einige Bestimmungen anzugeben, die sich durch den Gebrauch bestätigt haben, und deren man sich, wenn man die Umstände jederzeit zu Rathe zieht, mit Sicherheit bedienen kann.

Ein Rad von 0,5 Ellen Halbmesser und darunter, muß 4 Arme haben. Drei Arme sind ausreichend für Räder von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Palm Halbmesser. Sehr kleine Räder können ohne Arme, d. h. voll gegossen werden. Für einen Halbmesser von $\frac{1}{2}$ bis zu einer ganzen Elle oder etwas darüber, muß man 5 und 6 Arme nehmen.

Sieben und acht Arme sind erforderlich bei Rädern von 1 bis 2 Ellen Halbmesser. Hieraus ist denn auch zu entnehmen, daß diese Anzahl mit der Zunahme des Rades stets zunehmen müsse.

Man muß hierbei immer die Umstände zu Rathe ziehen: So kann z. B. der Fall eintreten, daß es besser wäre, einem Rade von 1 Elle Halbmesser 8 Arme als 6 Arme zu geben, wenn nämlich der Druck auf dieses Rad so groß seyn sollte, daß die Dicke der Arme dadurch für die angewendete Form des Rades u. s. w. unschicklich wird. Für ein Rad

1) Man kann den Arm AB Fig. 68 und 69 No. 1 schwalbenschwanzartig auf der Nabe mit drei Schraubenbolzen befestigen.

2) Oder Fig. 68 No. 1 und 69 No. 2 den Arm CD die Nabe von beiden Seiten zwingenartig ergreifen lassen und ihn so mit zwei oder drei Schraubenbolzen festschließen; unter dieser Form wird das Gießen nicht schwieriger, als für No. 1, während die Verbindung viel stärker, d. h. weniger dem Schlottern ausgesetzt ist.

3) Oder man kann auch den Arm von der Nabe zwingenartig ergreifen lassen, Fig. 68 No. 1, EF und Fig. 69 No. 3, und ihn mit Schraubenbolzen festschließen. Diese Verbindungsweise macht das Gießen schwieriger, und die Nabe muß unter übrigens gleichen Umständen beim Punkte E nothwendig dicker genommen werden, als bei der Verbindungsweise No. 2.

4) Wenn der Durchschnitt der Arme kreuzförmig ist, so lasse man beim Gießen in der Nabe eine kreuzförmige Oeffnung bestehen, in welcher der Arm Fig. 68 No. 2, GH und Fig. 69 No. 4 vollkommen festgehalten wird, und noch außerdem durch zwei Schraubenbolzen festzustellen ist.

5) Aber das Gießen von Naben mit solchen kreuzförmigen Oeffnungen ist wiederum schwierig, und wenn die Arme sehr breit sind, so muß die Nabe auch eben so dick gegossen werden; dieses kann beschwerlich werden, weshalb man lieber eine andere Verbindungsart IK Fig. 68 No. 2 und Fig. 69 No. 5 anwendet. Bei dieser Verbindungsart sitzt der Arm nicht mit einem Kreuz in der Nabe, sondern nur mit einem breiten Zapfen LM, während der Kragen NO Fig. 68 No. 2 dann auf der Nabe aufruht. Die Nabe schließt den Zapfen LM noch mit zwei Flantschen ab und cd ein, an welche der Zapfen mit

Schraubenbolzen befestigt wird. Bei dieser Verbindungsart braucht der übrige Theil der Nabe nur eine Dicke zu haben, welche der Dicke des Armes, wo er mit seinem Kragen NO aufsitzt, gleich ist.

Eine allgemeine Verbindung der Arme mit den Felgen besteht darin, daß man die Enden der Felgen Fig. 70 No. 2 mit zwei halben Schwalbenschwanz-Gesenken gießt, welche, wenn sie an einander geschlossen sind, ein ganzes Schwalbenschwanzsenke Fig. 70 No. 1 ausmachen. In dieses Gesenke kommt dann das Ende des Armes Fig. 70 No. 1 und 3, welches die Form eines Schwalbenschwanzes hat, und das Ende jeder Felge wird alsdann mit einem oder zwei Schraubenbolzen an den entsprechenden Arm geschlossen. Da die Felgen durchgängig nicht dicker sind, als 5 bis 6 niederländische Zolle, so ist es für diese und andere Verbindungen nothwendig, daß sie nach den Armen zu fächerartig auslaufen.

Durch diese Verbindungsarten werden die Arme in den Felgen festgeschlossen; man kann aber auch umgekehrt die Felgen in den Armen befestigen. Für diesen Zweck müssen alsdann die Enden der Arme mit Einschnitten versehen seyn, um die Enden der Felgen aufnehmen zu können. Die Arme werden dann mit den Felgen auf dieselbe Weise verbunden, wie mit den Naben in Fig. 69 No. 2. Die Form dieser Stücke ist bequemer zu gießen, als die so eben beschriebene Fig. 70. Eine ähnliche Verbindung kann man auch anwenden statt der Fig. 71, welche nun beschrieben werden soll.

Wenn die Arme einen kreuzförmigen Durchschnitt haben, so wird die Verbindung complicirter. Ihre Einrichtung kann zuerst so beschaffen seyn, daß nur ein Arm von dem Kreuz zwischen den Felgen

Felgen und mit den Naben auf dieselbe Weise verbunden werden. Besondere Verbindungsarten sind besonders für größere Räder von ½ bis 3 Ellen Halbmesser und darüber erforderlich. Man kann die Felgen von hölzernen Zahnrädern auch mit den Naben, oder lieber mit den Axen selbst durch Arme verbinden, welche gerade auf den Mittelpunkt des Rades laufen, doch bedarf man dieser Verbindungsart nur in wenigen Fällen, z. B. wenn das Rad nur für eine kurze Zeit dienen soll. Gebräuchlicher ist es, und dieses giebt auch eine stärkere Verbindung, sogenannte Kreuzarme anzuwenden; diese sind nämlich gerade Stücken Eichenholz AB, CD, EF, GH Fig. 72, welche kreuzweis mit einander verbunden werden, so daß in der Mitte des Kreuzes ein vollkommenes Viereck offen bleibt, um die Axe des Rades durchzulassen. An der Stelle, auf welche das Rad zu sitzen kommen soll, wird auch die Axe viereckig bearbeitet. Die Enden dieser Kreuzarme werden mit den Felgen verbunden. Das Rad besitzt auf diese Weise keine Nabe, und die Kreuzarme sind dann Hölzer, die nicht auf die Mitte der Axe gerichtet sind, sondern an den Außenseiten derselben hinlaufen.

Die einfachste Zusammensetzung eines Stirnrades ist diejenige, daß man den ganzen Rand aus vier Felgen von Ulmenholz oder Birkenholz Fig. 72 No. 1 bestehen läßt, von denen jede eine Extension von 90° besitzt, und daß man die Mitte dieser Felgen durch zwei entsprechende Kreuzarme mit einander verbindet. Die Kreuzarme werden an der Kreuzungsstelle halb auf, halb über einander gelegt (siehe Fig. 73,) und mittelst eines Nagels oder eines Bolzens mit einander verbunden. Das Rad wird gewöhnlich auf der Axe festgekeilt, so daß die Keile zwischen der Axe und dem Kreuze O auf zwei

einander gegenüber gelegenen Seiten ab und cd eingezogen werden. Da nun durch diese Verkeilung die Theile ab und cd der Kreuzarme EF und GH sich biegen oder beschädigt werden können (weil sie zwar in den Kreuzarmen AB und CD festsitzen, aber auf diesen Stellen auch nur die halbe Dicke haben, siehe Fig. 73), so schlägt man zwischen die Kreuzarme über die vier Winkel a, b, c, d des Kreuzes, vier kleine Stützen e, f, g, h, welche nur die halbe Dicke der Arme zur Breite haben (Fig. 74), wodurch man das Biegen der Arme in Folge der eingezogenen Keile verhindert. Oft läßt man diese Stützen oder Steifen weg, und läßt statt derselben die Kreuzarme mit sogenannten Zähnen Fig. 75 a und b in einander greifen, so daß auf diese Weise der eine Kreuzarm bei a und b in der Richtung seiner Länge dem andern zur Unterstützung dient. Die erste Einrichtung ist indessen besser als die letztere, weil dabei die Kreuzarme zur halben Dicke gleichmäßig ausgestemmt werden.

Die Kreuzarme werden an den Felgen durch zwei oder mehrere eiserne Nägel, wie aus den Fig. 72 No. 1 und 2 (welche letztere Figur der Standriß der erstern ist) hervorgeht, befestigt, so daß dann die Kreuzarme über die ebene Fläche der Felgen hervorragen und nicht gleich den Armen eines Stirnrades mit den Felgen spuren.

Bei der Umdrehung des Rades muß jede Beugung und Torsion durch die Kreuzarme gänzlich aufgehoben werden, so daß dieses ganz und gar durch die eben erwähnten Nagelbolzen geschehen muß. Diese können sich mit der Zeit losrütteln, und die Löcher, in welche sie geschlagen sind, können sich erweitern 2c. Aus diesem Grunde werden die Felgen alsdann noch bis auf die Hälfte ihrer Dicke in die

Kreuzarme versenkt, so daß letztere auf jeder Seite gegen die Felgen sich stützen.

Zur Erläuterung des Gesagten giebt Fig. 76 einen Durchschnitt von Fig. 72 No. 1 über die Länge des Armes EF und über die Breite der darüber stehenden Felgen. A und B sind die Durchschnitte der Felgen; ab und cd sind zwei Einschnitte, welche in die Enden der Kreuzarme gestemmt sind, und in die ein eben so großer Theil der Felgen paßt, indem für diesen Zweck die Felgen an jeder Seite hinlänglich ausgezahnt sind. Die Kreuzarme, welche auf diese Weise an die Felgen geschlossen sind, sitzen dann mit dem Theile bh oder cg zwischen den Felgen und ragen noch über dieselbe vor. An den Enden C und D vermindert man ihre Dicke ein wenig, weil die dann kürzer werdenden Bolzennägel natürlich eine stärkere Befestigung gewähren und dem Losrütteln, der Biegung u. s. w. mehr Widerstand entgegensetzen. e und f sind die Durchschnitte der Kreuzarme AB und CD Fig. 72 No. 1 bis zur halben Dicke.

Auf diese Weise werden die Felgen hinlänglich von den Kreuzarmen getragen, und es wird häufig hinlänglich seyn, dieselben bei I, K, L, M, wo sie in einander schließen, mit einem eisernen Band gh zu verbinden, oder an der andern Seite des Rades 4 schwächere Felgen NQP anzulegen, so daß letztere mit ihrer Mitte auf die Stellen I, K, L, M zu liegen kommen und zwischen den Enden der Kreuzarme A und C, E und G rc. an einander schließen. Diese beiden Felgenräder werden dann durch Bolzen zusammengehalten, welche zwischen den Zähnen durchlaufen.

Man kann auch die Enden I, K u. s. w. mit halben Schwalbenschwänzen auf einander legen, Fig. 72 No. 2, i, k, und dieselben alsdann auf diesen

Stellen mit zwei Nägeln vereinigen. Hierdurch bekommt man jedoch häufig keine gute Verbindung, wenn nämlich gerade durch die Schwalbenschwänze auf jeder Seite der erwähnten Nägel Löcher zum Durchstecken von Zähnen gestemmt werden müssen.

Will man weder doppelte Felgen, noch halbe Schwalbenschwänze anwenden, so kann man immer mit einer eisernen Schiene oder Band ausreichen, und die Felgen fest zusammenhalten, indem man an beide Seiten des Rades Kreuzarme legt, siehe Fig. 77. Diese Kreuzarme, die man in vordere und hintere unterscheiden kann, kommen innerhalb des Rades an einander zu liegen; sie brauchen nur $\frac{3}{4}$ der Dicke zu haben, die man einem einzigen Satz von Kreuzarmen zu geben pflegt, und obschon sie das Rad schwerer machen, als im ersten Falle, so gewähren sie doch den Vortheil

a) einer stärkern Verbindung;
b) einer vollkommnern Befestigung der Felgen;
c) einer unverrückbaren Befestigung des Rades auf der Axe.

Deshalb richtet man auch sehr große Stirnräder auf diese Weise ein, jedoch mit der kleinen Modification, daß man die Kreuzarme nicht durchgängig vollkommen geradlinig zulaufen läßt.

Wenn man nun diese Holzverbindungen betrachtet und dabei in Betrachtung zieht, daß das Ganze unbeschadet der Verbindungen die nöthige Stärke besitzen muß, so ergiebt sich sogleich:

1) daß die Felgen eine hinlängliche Dicke haben müssen, um, nachdem die Löcher für die Zähne in dieselben gestemmt sind, noch die nöthige Stärke zu behalten; zugleich müssen sie dick genug seyn, um auf eine hinlängliche Weise in die Einschnitte der Kreuzarme (ab und cd Fig. 76) versenkt werden zu können. Sie müssen dazu auch hinlängliche

Digitized by Google

Breite haben und auch gegen das Biegen sicher gestellt seyn. Für große Stirnräder ist dann eine Dicke = 2 oder $2\frac{1}{2}$ mal die Breite der Zähne, und eine Breite von drei und mehrmal die Breite der Zähne nicht zu übermäßig. Manchmal bekommt hierdurch die Felge eines großen Stirnrades von ungefähr $3\frac{1}{2}$ Ellen Durchmesser manchmal Felgen von 14 Zoll Dicke und von 25 Zoll Breite.

2) Es ergiebt sich dann auch, daß die Kreuzarme, weil sie da, wo sie gegenseitig und mit den Felgen verbunden werden müssen, nur die halbe Dicke haben, eine ganze Dicke von 16 Zoll und eine Breite von 12 Zoll haben können, wenn das Rad auf die beschriebene Weise eingerichtet ist und z. B. einen Durchmesser von 2 bis $2\frac{1}{2}$ Ellen hat. Diese Dicke und Breite verändert sich natürlich mit der Größe des Rades, mit dem Druck, mit der Torsion u. s. w., welche die Kreuzarme ausstehen müssen, so daß die Kreuzarme der großen Stirnräder in Wassermühlen, welche unter allen Mühlen von derselben Größe den größten Widerstand überwinden müssen, wohl an 33 Zoll dick und 18 Zoll breit seyn müssen, um sich während der Bewegung auf keine nachtheilige Weise zu biegen oder wegen der stattfindenden Stöße nachzugeben.

Man kann, wenn die Breite der Kreuzarme gegeben ist, ihre Dicke auf dieselbe Weise durch Berechnung bestimmen, wie nach dem vorhergehenden §. die Dicke der Arme eiserner Zahnräder gefunden wird, denn nimmt man dann das Doppelte dieser Dicke, um die Verbindung zur halben Dicke mit in Rechnung zu bringen, so bekommt man die verlangte Dicke. Es verursachen jedoch die Umstände, die Art der Verbindung, die größere oder geringere Abnutzung, welcher das Rad ausgesetzt ist u. s. w., daß man

sehr häufig von den Resultaten solcher Rechnungen abweichen muß.

Unter der beschriebenen Form der Verbindung können nun alle hölzernen Stirnräder in Wasser-, Wind- und Roßmühlen bestehen, es müßten denn dieselben einen großen Durchmesser (von z. B. 3 bis 4 Ellen) besitzen und Stöße oder starke Torsion auszuhalten haben; denn in diesem Falle sind die einzelnen Felgen zu schwach, und es ist dann nöthig, den Umfang des Rades aus einer Verbindung von Felgen und Kreissegmenten zusammenzusetzen, wie jetzt näher erklärt werden soll; zum wenigsten hat diese Einrichtung noch den Vorzug vor der Anwendung doppelter Kreuzarme Fig. 77, zwischen welchen die Felgen eingeschlossen werden, denn es kann die Anwendung doppelter Kreuzarme sowohl durch den Stand des Rades, als anderer Räder gehindert werden.

69) Die größere Stärke anderer Verbindungen liegt hauptsächlich in der unverrückbaren Vereinigungsart der Felgen, welche darin besteht, daß man dieselben aus 4 in einander greifenden Kreissegmenten zusammensetze, oder daß man diese Segmente zur Basis nimmt, um auf derselben die Felgen zu befestigen. Diese Segmente sind nichts anderes, als Kreisstücke von Eichenholz, siehe ABGH, IKAH u. s. w. Fig. 78 No. 1, Fig. 79 No. 1 und 2, welche an den Winkeln A, B, I, H u. s. w. mit dreieckigen, nach dem Mittelpunkte M zulaufenden und schräg durch die Jahre des Holzes gehenden Schwalbenschwänzen GFC, HED u. s. w. eingeschnitten sind, während die Winkel FCB, ADE, welche gewissermaßen Zähne sind, in eine ähnliche Gestalt wie die Schwalbenschwänze ausgearbeitet sind, so daß die entsprechenden Zähne und Schwalbenschwänze von zwei Segmenten vollkommen in

einander greifen, und also durch diese wahrhaft künstliche Verbindung von 4 Segmenten ein Rad entsteht, welches an Stärke einem massiven Kranze nahe kommt.

Die Verfertigung dieser Segmente erfordert viel Ueberlegung: es müssen nämlich die Zähne aller Segmente mit den Schwalbenschwänzen dieselbe Größe haben; die Zähne müssen nebst den Schwänzen, in welche sie eingreifen, in jeder Richtung eine schräge oder schief zulaufende Form haben, und ganz genau in einem entgegengesetzten Sinn, so daß die Tiefe des Einschnittes HED Fig. 79 No. 1 auf allen Punkten so groß ist, als der Zahn AED Fig. 79 No. 2, der in dieselbe eingreifen muß, auf den entsprechenden Punkten dick ist; denn auf diese Weise bekommt das aus der Verbindung der Segmente entstehende Stück überall eine gleiche Dicke. Uebrigens ist die schräge oder geneigte Form nothwendig, um das eine Segment bei der Verbindung nicht schwächer werden zu lassen, als das andere, ferner auch, weil die Stärke des Holzes schräg durch die Richtung der Jahre am größten ist.

Daraus läßt es sich auch begreifen, daß die Dicke der Segmente groß genug werden müsse, um sich

a) nach ihrer Größe gerechnet, am allerwenigsten biegen zu lassen, und

b) um die nöthige Stärke und Festigkeit der Verbindung fortwährend, unbeschadet des Einschneidens der Schwalbenschwänze und des Ausschneidens der Zähne, zu besitzen. Die Segmente großer Räder müssen deshalb wohl eine Dicke von 20 Zollen haben.

Fig. 78 No. 2 giebt die verbundenen Segmente im Aufriß.

70) Die Verbindung von 4 Segmenten ist ausreichend, um die Scheibe eines kleinen und leich-

ten Kronrades zu bilden, ohne daß man alsdann Felgen und Kreuzarme bedarf. Die Segmente werden alsdann so breit genommen, daß sie in der Mitte ein Viereck EFL für die Axe offen lassen; sie werden ferner an den Vereinigungspunkten durch Bolzen mit einander verbunden. Sobald jedoch das Rad einen Durchmesser von mehr als 12 bis 15 Palmen bekommt, und die Zähne einen großen Druck fortzupflanzen haben, ist man schon genöthigt, Felgen und Kreuzarme anzuwenden, und zwar erstere, weil ohne sie die Segmente an den Verbindungsstellen zu sehr durch das Einstemmen der Löcher für die Zähne geschwächt werden, und Kreuzarme, weil man auf die Breite des Holzes zu sehr beschränkt ist, und die Segmente nicht immer bis zur Axe sich verbreiten lassen kann, übrigens abgesehen davon, daß Kreuzarme der Verbindung eine größere Stärke geben.

Der Bogen eines solchen Segmentes wird zu großen Rädern ungefähr = 120° genommen, auch wohl größer oder kleiner, je nachdem die Segmente nach der Breite des Holzes und der Größe des Rades weit genug über einander zu liegen kommen, um gehörig verbunden werden zu können.

Auf diese Segmente werden alsdann die Felgen Fig. 80 No. 1 und 2 genagelt, so daß sie gerade, wie in der Figur angegeben ist, mit ihrer Mitte über die Nähte der Segmente gelegt werden; sie liegen eben gegen einander, oder halb auf einander geblattet. An sehr großen Rädern befestigt man sowohl auf der vordern, als auf der hintern Seite Felgen, und es bekommen alsdann die hintern Felgen (durch welche bei Kronrädern die Schwänze der Zähne eingesetzt werden, und die nur zur Verstärkung der Segmente von hinten dienen) eine geringere Dicke als die vordern Felgen, nämlich im Verhältnisse von

2 zu 3, oder von 1 zu 2. Auf diese Weise sitzen die Segmente zwischen den doppelten Felgen, jedoch wendet man dieses Verfahren, wie gesagt, nur bei sehr großen Rädern von $3\frac{1}{2}$ und mehr Ellen Durchmesser an. Fig. 80 No. 2 giebt die Projection eines Kronrades mit vordern und hintern Felgen.

Die Kreuzarme werden von hinten in den Segmenten auf dieselbe Weise befestigt, wie sie sonst Fig. 76 mit den Felgen verbunden wurden. Diese Verbindung der Kreuzarme mit den Segmenten muß jederzeit stattfinden, mag nun das Rad blos mit Vorderfelgen, oder mit Vorder- und Hinterfelgen versehen seyn; denn da die Segmente den eigentlichen massiven und stärksten Theil des Rades ausmachen, so streitet es gegen alle Grundsätze, die Kreuzarme nicht mit diesem Theile zu verbinden. Sind also hintere Felgen vorhanden, so werden diese blos zwischen die Kreuzarme gelegt (Fig. 80 No. 2).

Um die Bogen ab, ac u. s. w. Fig. 80 No. 1 zwischen den Kreuzarmen so wenig wie möglich an Größe verschieden zu bekommen, damit die Tracht der Kreuzarme, so wie auch die Stärke der Verbindungen überall möglichst gleich werde, pflegt man, je nach der Größe des Rades, die Theile Aa, Bb u. s. w. schräg abzuarbeiten, so daß sie mit den Theilen des Kreuzes AC einen Winkel bilden, der jedoch immer nur ein äußerst stumpfer Winkel seyn kann.

Um endlich für Räder von der größten Art, welche dann auch die dicksten Kreuzarme verlangen, mit weniger dicken Theilen den Zweck erreichen zu können, setzt man die Kreuzarme aus zwei auf einander liegenden Stücken (Fig. 81 No. 1 zusammen (was ein Durchschnitt von Fig. 80 über die Mitte des Rades ist), welche nur die Hälfte der bestimmten Dicke haben, und in jedem dieser Stücke sitzen

alsdann die entsprechenden Querarme auf einander geblattet (siehe Fig. 81 No. 2); hierdurch wird die Verbindung der Kreuzarme sehr stark.

Wenn man Schwierigkeit findet, die 4 Segmente für ein Zahn- oder Kammrad der größten Art von den nöthigen Dimensionen zu bekommen, oder zusammenzusetzen, so kann man 8 Segmente auf dieselbe Weise wie 4 mit einander verbinden. Mit der Vermehrung der Stücke wird jedoch die ganze Bebindung schwächer, weshalb man dann auch so viel wie möglich die Verbindung durch 4 Segmente herzustellen trachten muß. Wenn diese nun, ungeachtet sie von der größten Breite sind, wegen des großen Durchmessers des Rades nur auf eine kleine Strecke ABC Fig. 82 No. 1 über und in einander zu liegen kommen, so kann man, was an der Stärke dieser Verbindung noch fehlen mag, durch 4 kleinere Segmente DBE, EKF u. s. w. ersetzen, welche zwischen, oder an den Felgen, die auf den ersten Segmenten liegen, befestigt und mit einem Zahn abc Fig. 82 No. 2, ferner auch durch Nägel und Bolzen befestigt und mit den ersten Segmenten verbunden werden. Diese kleinern Segmente haben eine geringere Dicke als die großen Segmente; der Zahn abc muß gehörig bis auf die halbe Dicke der Segmente abgearbeitet werden, so daß außer diesem Zahne der übrige Theil aDAGbc auch nur die halbe Dicke hat, womit sie dann über den großen Segmenten liegen. Ferner müssen in den Winkeln der großen Segmente halbe Schwalbenschwänze bad, bce bis auf eine Tiefe ausgestemmt werden, welche der Dicke der Zähne abc der kleinen Segmente gleich ist; in diese greifen alsdann diese Zähne und erhalten deshalb die großen Segmente fest in ihrer Verbindung.

Auf die beschriebene Weise kann man nun große und kleine Räder immer mit der nöthigen Stärke zusammensetzen; und diese Einrichtung ist nicht allein für sogenannte Kronräder, sondern auch für große Stirnräder anwendbar; man bemerke jedoch bei letztern, daß die Zähne nicht in die Segmente gesetzt werden, sondern in die vordern Felgen, wie Fig. 72 No. 1.

71) In Art. 68 ist bereits bemerkt worden, daß die Einrichtung des hölzernen Räderwerkes mit Segmenten und Kreuzarmen nicht immer nöthig ist, und daß man in denjenigen Fällen, in welchen der Druck auf die Zähne nicht groß, und die Anwendung des Rades von kurzer Dauer ist, mit einer einfachern Zusammensetzung desselben ausreichen kann. Dieses ist z. B. der Fall bei horizontalen großen Zahnrädern in Roßmühlen, die man bei Anlegung großer Werke anwendet, theils um zu heben, theils um Gruben und Bassins trocken zu erhalten u. s. w. Man findet auch zuweilen in gebirgigen Gegenden kleine unterschlächtige oder oberschlächtige Wasserräder *), welche nicht breiter als 4 Palmen sind, dennoch aber einen Durchmesser von 3 Ellen haben und dazu dienen, kleine Getreidemühlen in Gang zu setzen. Dergleichen Räder findet man wohl zuweilen gleich den Rädern des Fuhrwerks aus hölzernen Naben und 8 bis 10 hölzernen Speichen zusammengesetzt, aber auf diese Weise kann man große Zahnräder, besonders diejenigen der Roßmühlen, in welchen die Bewegung mit Stoß und Druck stattfindet, nicht zusammensetzen.

---

*) Dieses sind Räder mit Schaufeln oder Kasten, welche durch einen Wasserstrom in Bewegung gesetzt werden, der von unten gegen die Schaufeln anstößt, oder sich von oben in die Kästen stürzt. Es wird über diese Räder in der Folge gehandelt werden.

Fig. 83 giebt ein einzelnes Beispiel der besondern Zusammensetzung eines Rades, so wie dieselbe für eine große Roßmühle eingerichtet werden kann. A ist die Projection einer viereckigen stehenden Welle, so daß das Rad horizontal ist; in diese Welle werden zwei viereckige Löcher gestemmt, beinahe auf dieselbe Weise wie in die Wellen der Windmühlen zwei Löcher gestemmt werden müssen, nämlich zur Aufnahme der Mühlenflügel. Durch diese Löcher werden zwei Kreuzarme BC und DE geführt, und im Kreuzungspunkte auf einander geblattet, für welchen Zweck eins der Löcher noch einmal so weit nach oben ausgestemmt werden muß, um den zweiten Kreuzarm durchführen zu können. Nachdem derselbe seine gehörige Lage auf dem erstern erhalten hat, so wird das erwähnte Loch mit Schlußstücken und hölzernen Keilen versetzt. Diese Kreuzarme müssen auch an ihren Enden in die Felgen versenkt werden, und damit sie sich in Folge der Torsion des Rades u. s. w. nicht biegen, unterstützt man dieselben durch 4 Stücke FG, GH, HI, IF, welche an den Enden in die Kreuzarme eingelassen werden. Um die Felgen, deren gewöhnlich 8 sind, ferner zu verbinden, läßt man in dieselben an ihren Verbindungspunkten zwischen den zwei großen Kreuzarmen 4 kürzere Arme ab, cd ein, die nur bis an die Stücke FG, GH, HI und IF reichen, und in diesen auch fest eingezapft und verbolzt sind. (In einer Roßmühle dienen diese kurzen Steifen zugleich als Basis oder obere Stütze der längern schrägen Sprossen oder Unterstützungen, welche das Rad mit dem obersten oder untersten Theile der Axe verbinden, um es in einer festen horizontalen Stellung zu erhalten.) Die Verbindung der Felgen findet also da statt, wo sie mit den Kreuzarmen und Steifen vereinigt sind.

Diese Zusammensetzung eines hölzernen Zahnrades stimmt also sehr mit derjenigen eines eisernen Rades überein. Von den zuerst beschriebenen Verbindungen ist die einfachste Fig. 72 No. 1 zugleich diejenige, welche am meisten mit der eben erwähnten übereinstimmt, obschon erstere als viel dauerhafter betrachtet werden kann, indem auch bei ihr die Axe ganz bleibt.

72) Es läßt sich schon im voraus annehmen, daß die Scheiben für große Drillinge der ersten und zweiten Art auf dieselbe Weise aus Segmenten und Kreuzarmen (ohne Felgen) zusammengesetzt werden, wie dieses für die Zahnräder Fig. 78 No. 1 und 2 angegeben ist; man schlägt indessen in diesem Betreff einen ganz andern Weg ein. Man arbeitet nämlich erst zwei Kreisstücke A und B Fig. 84 von der Größe zweier Segmente, die bis an die Axe oder Welle des Drillings reichen; in diese Segmente werden nun 4 Vertiefungen a, b, c, d, gestemmt, welche am Kreuze für die Axe beginnen. Die zwei andern Segmente C und D bekommen nun die vieleckige Form e i k f m p g h g o n l e, von welcher Figur der Theil g l e i k f m h, welcher zwischen die beiden Segmente A und B paßt, dieselbe Dicke wie diese Segmente bekommt, während die zwei Flügel m p q h und l n o g, die nur ⅓ der Dicke haben, in der Mitte so ausgestemmt werden, daß sie in die entsprechenden Vertiefungen passen, welche in der Dicke der entsprechenden Segmente A und B ausgestemmt sind. Ist alles nun gut zusammengefügt, so werden endlich die vier Segmente mit hölzernen Nägeln an einander genagelt. Diese Verbindung der Segmente um die Scheibe eines Drillings der ersten oder zweiten Art zu vollenden, ist also eine Verbindung mit Nagel und Verzapfung. Sie ist stark, sobald man den Segmenten eine gehörige Dicke giebt, um die Verzapfung ohne

nachtheilige Schwächung der Stücken ausstemmen zu können. Meistentheils wird man mittelmäßigen Drillingen nicht weniger Dicke als 1 Palm an den Segmenten geben können.

Man wählt diese Verbindung vor einer andern, hauptsächlich um den Rand, in welchen die Stecken eingesetzt werden müssen, so ganz wie möglich zu erhalten; denn die Verbindungen werden beträchtlich schwächer, wenn die Löcher ausgestemmt werden, in welche man die Treibstecken setzt. Für den guten Zusammenhang der 4 Segmente ist es sogar unvermeidlich nothwendig, rund um die Scheiben ein oder zwei schwere eiserne Bänder r s t u zu legen.

Die beiden Scheiben eines Drillings werden immer durch 4 eiserne Stäbe, welche mitten durch die Segmente laufen und durch Bolzen festgeschlossen sind, mit einander vereinigt.

Die Drillinge haben durchgängig die Größe, daß die Segmente sich bis an die Axe erstrecken können; und wäre dieses nicht der Fall, so müßte man die Scheiben auch noch mit Kreuzarmen versehen.

Für kleine Kronräder kann man diese Verbindung der Segmente mit Weglassung der Felgen und Kreuzarme auch sehr gut anwenden.

73) Die Zusammensetzung der hölzernen Kegelräder ist derjenigen der Stirnräder und Kronräder ähnlich, bis auf einige Modificationen, welche wie von selbst aus der besondern Form dieser Räder folgen müssen.

Wenn das Rad klein ist und keine Segmente erfordert werden, so werden die Kreuzarme A Fig. 85 in die Felgen B und C eingelassen, und die Felgen mit einander so wie gewöhnlich verbunden. Die äußere Seite der Felgen bleibt hier nicht viereckig, sondern wird nach der Form der Kegelfläche, nach welcher die Zähne oder Kammen gerichtet werden

müssen, abgearbeitet. Um die Felgen zusammen zu halten, die gewöhnlich nur eben an einander liegen (weil durch das Stemmen der Löcher für die Kammen jede andere Verbindung leicht zerstört werden kann), legt man um ihre oberste ebene Seite ein eisernes Band abcd Fig. 86; manchmal werden auch, je nachdem es die Form oder die Gestalt der Felgen erfordert, auswendig und unter den Kammen zwei eiserne Bänder um dieselben gelegt.

Hat das Rad auch Segmente, wie Fig. 87 im Durchschnitt darstellt, dann ist die eben genannte Verbindung oder Verstärkung meistentheils unnöthig, weil die Felgen alsdann eine Basis haben, an welche sie überall mit Bolzen befestigt werden können.

Die Kammen der Kegelräder, mögen sie nun von Eisen, oder von Holz seyn, werden in die Felgen oder in die Felgen und Segmente gesetzt, und an der innern oder untern Seite des Rades mit Schließen befestigt. Sind z. B. die Zähne oder Kammen sehr schräg gerichtet, so können die Schwänze derselben an der innern Seite der Felgen hervortreten (Fig. 85 und 86) und hier werden dann die Schließen eingezogen. Dagegen muß diese Befestigung bei einem weniger schrägen Stande der Kammen an der untern Seite Fig. 87 geschehen. In diesem letzten Falle wird es immer rathsam seyn, die Räder, wenn sie nicht zu groß sind, mit Segmenten zu versehen, weil bei diesem Stande der Zähne die Felgen mehr nach oben gerüttelt werden, wodurch die Verbindung, in welcher sie mit den Kreuzarmen stehen, viel zu leiden hat. Segmente gewähren den Felgen überall Unterstützung und können dann die genannte Unannehmlichkeit verhüten; die Kammen laufen dann auch durch die Segmente.

Da Kegelräder immer eine viel geringere Extension haben, als Kronräder und Drillinge, wie oben

bereits bemerkt worden; und da sich aus der Art und Weise, wie Kronräder und Drillinge zusammengesetzt werden müssen, beweisen läßt, daß sie im Allgemeinen theurer und schwerer werden müssen, als Kegelräder, so ist dieses dann ein Grund mehr, die Anwendung der Kegelräder zu empfehlen. Da ferner das Mechanische bei der Verfertigung eiserner Räder häufig nur darin besteht, die hölzernen Modelle zu verfertigen, aber diese Modelle die starken Verbindungen nicht bedürfen, welche bei den Zusammensetzungen hölzerner Räder berücksichtigt werden müssen: so kann man sich häufig ein eisernes Zahnrad mit geringern Kosten verschaffen, als ein hölzernes Rad. Die Schwere des eisernen Rades (welches häufig, wenn es nicht auf absolute, sondern auf relative Länge der Hebelarme ankommt, auch einen kleinern Durchmesser, als ein hölzernes Rad haben kann) wird, wenn auch nicht weniger betragen, doch nicht um ein Beträchtliches die Schwere des hölzernen Rades übertreffen. Bei Anwendung von Eisen kann man viel mehr als bei Anwendung von Holz auf die Dauer und die gleichmäßigere Bewegung eines Werkzeuges rechnen. Man wende jedoch dieses nicht verkehrt auf dasjenige an, was oben über das Aufeinanderwirken von hölzernen und eisernen Zähnen gesagt ist, denn dieses verdient bei großen Räderwerken jederzeit besondere Berücksichtigung.

74) Endlich muß nun noch der Art und Weise Erwähnung gethan werden, wie die Zahnräder auf ihren Wellen unverrückbar befestigt werden können.

Bei hölzernem Räderwerk kann man gewöhnlich nichts anderes dazu anwenden, als hölzerne Keile, welche zwischen das Kreuz des Rades in dazu gestemmte Löcher oder Falze in den Kreuzarmen, und zwischen die Axe oder Welle geschlagen werden. Haben die Räder eine horizontale Lage, so muß man

über dieses darauf Rücksicht nehmen, ihre Schwere durch Sprossen oder Streben gegen die Axe zu unterstützen, oder ihre Felgen durch Steifen mit dem obersten oder untersten Theile der Axe oder Welle zu verbinden. Dieses ist in den meisten Roßmühlen der Fall, und da diese sehr allgemein bekannt sind, so ist es unnöthig, das Gesagte durch besondere Figuren zu erläutern. Die eben genannte Unterstützung ist jedoch nicht immer nothwendig. In großen Roßmühlen macht sie sich hauptsächlich nothwendig, um den Effect der Stöße, durch welche sich das Rad verschieben kann, zu vermindern, oder zu beseitigen; aber wenn die Bewegung mit keinen vielfachen Stößen verbunden und der Durchmesser des Rades nicht zu groß ist, so wird eine Unterstützung des Rades mittelst Klampen, die an die Axe geschlagen werden, nebst einer Befestigung der Keile ausreichend seyn.

Das eiserne Räderwerk kann an den Axen auch mit Keilen befestigt werden, und dieses ist bei kleinem und mittelmäßigen Räderwerk ein ausreichendes Mittel, aber zur Befestigung großer eiserner Räder auf runden Axen muß man die Verbindung bewerkstelligen, indem man ein oder zwei Bolzen quer durch die Ränder der Nabe, oder durch die Nabe selbst, und mitten durch die Axe dringen läßt. Manchmal gießt man an die runden Axen drei viereckige Zapfen, welche in drei entsprechende Falze in der Nabe eingeschoben werden können. Die Verbindung des Rades mit der Welle ist auf diese Weise auch sehr sicher, und das Rad kann nun im Nothfalle längs der Welle verschoben werden.

Auf viereckigen Wellen kann die Feststellung mit Keilen bewerkstelligt werden, wie oben für weniger großes Räderwerk angegeben worden ist. Das eine und das andere soll in der folgenden Abtheilung bei

der ausführlichern Anweisung über die Verbindungen der Wellen näher erläutert werden.

§. IV.

Ueber die Dimensionen der Wellen; über die verschiedenen Formen derselben u. s. w.

75) Die Wellen, welche Zahnräder oder dergleichen tragen, haben, indem sie die Bewegung empfangen, die sie fortpflanzen sollen, bei einer nicht allzu geringen Länge häufig eine Torsion zu erleiden, die aus den entgegengesetzten Wirkungen der Kraft und der Last hervorgeht, welche an zwei verschiedenen Punkten der Axe angebracht sind. Man hat nun hauptsächlich bei der Bestimmung der Dicke der Wellen, wenn die Form des Durchschnittes und die Länge derselben gegeben sind, auf diese Torsion Rücksicht zu nehmen. Wenn es nöthig ist, die Dicke einer Welle durch Berechnung zu bestimmen, so kann man sich dazu der Formeln bedienen, welche hier angegeben werden sollen, und die aus demjenigen, was im ersten Theile Art. 160 verhandelt worden ist, abgeleitet sind.

Die Stoffe, aus denen die Wellen verfertigt werden, sind (mit Ausnahme der Wellen in zarten Maschinen) das Eichen- und das Ulmenholz, das Gußeisen und das Schmiedeeisen.

Die Form des Durchschnittes, welche am geschicktesten ist, der Torsion auf eine regelmäßige Weise während der Bewegung zu widerstehen, ist der Kreis. Unter dieser Form ist die Beugung der Welle auch immer dieselbe, während sie bewegt wird, was bei einer viereckigen Welle nicht der Fall ist, so wie auch die Torsion alsdann während der Bewegung ungleich ist, da eine solche Welle in den verschiedenen Stellungen, die sie bei einem Umgange ein-

nimmt nicht so betrachtet werden kann, als ob sie einerlei Widerstand gewähre, denn dieser Widerstand ist verschieden, je nachdem der Druck oder die Wirkung der Kraft in der Richtung der Seite, oder in der Richtung der Diagonale des Viereckes erfolgt. Bei andern Formen von Durchschnitten tritt derselbe Fall ein, obschon sie häufig eben so wie die viereckigen Durchschnitte, im Fall sie allein einen Druck aushalten müssen und nicht bewegt werden, vor dem kreisförmigen Durchschnitte den Vorzug haben.

Wo dieses deshalb durch keine Umstände verhindert werden kann, muß man soviel wie möglich, runde Wellen anwenden. Hölzerne Wellen macht man lieber viereckig, als rund, weil letztere schwieriger zu arbeiten sind *); um jedoch der cylindrischen Form sich mehr zu nähern, bedient man sich auch häufig achteckiger Wellen. Wellen aus Schmiedeeisen bekommen auch eine viereckige, eine achteckige und runde Form. Gußeiserne Wellen sind hohl oder massiv. Die hohlen Wellen, die im Großen sehr anzuempfehlen sind, sowohl wegen der Leichtigkeit, als der Stärke sind (wenn sie mit Sorgfalt gegossen werden) immer rund. Die massiven Wellen sind rund und viereckig, oder haben häufig die in Fig. 88 angegebene Form.

76) Im ersten Theil Art. 160 ist erwähnt, daß, wenn man die Dicke einer viereckigen Welle in Zollen d; den Halbmesser des Zahnrades auf der Welle, und wodurch die Welle ihre Bewegung empfängt, ebenfalls in Zollen R; die Länge der Welle vom Zahnrade bis zum andern Ende gerechnet, wo die Last überwunden

*) Es wird hier nicht vorausgesetzt, daß dergleichen Wellen der ganzen Länge nach rund sind; denn da, wo das Rad auf denselben befestigt wird, müssen sie, um in die Kreuzarme eingeführt werden zu können, viereckig seyn.

Digitized by Google

werden muß, l (und hierzu kann man meistentheils die ganze Länge der Welle nehmen); die Zusammenhangskraft auf einen niederländischen Quadratzoll Oberfläche k; die Quantität der Ausdehnung durch das größte Gewicht, welches die Zusammenhangskraft noch nicht vermindert, u; endlich den Grad der Torsion a nennt; dann der Druck an dem Umfange des Rades bestimmt wird durch die Formel

$$W = \frac{a k d^4}{1400 u R l}.$$

Wenn also der Druck, welcher am Umfange des Rades wirkt, nebst der Länge der Welle, dem Halbmesser des Rades und dem Grade der Torsion gegeben sind, so wird man die Dicke der Welle bestimmen müssen durch die Formel

$$d^4 = \frac{1400 W u R l}{a k} = \frac{u}{k} \cdot \frac{1400 W R l}{a};$$

diese Formel gilt für eine viereckige Welle. Um sie anwendbar zu machen auf Wellen, welche eine andere Form von Durchschnitt haben, muß man die Werthe von W im Verhältnisse der Tragkraft dieser Wellen vermehren oder vermindern. Thut man dieses nun und substituirt man statt k und u die Werthe, welche für das Eichenholz, das Schmiedeeisen und das Gußeisen im ersten Theile angegeben sind, so entstehen die folgenden anwendbaren Formeln:

Für eine eichene viereckige Welle, ... $d^4 = 0{,}01204 \frac{W R l}{a}$;

Für eine hölzerne achteckige Welle, . . . $d^4 = 0{,}01682 \frac{W R l}{a}$;

Für eine hölzerne runde Welle, $d^4 = 0{,}02044 \frac{W R l}{a}$;

Für eine viereckige Welle aus Schmiedeeisen, . $d^4 = 0{,}000623 \frac{W R l}{a}$;

Für eine achteckige Welle aus Schmiedeeisen, . $d^4 = 0{,}00087 \frac{W R l}{a}$;

Für eine runde Welle aus Schmiedeeisen, . $d^4 = 0{,}001057 \frac{W R l}{a}$;

Für eine viereckige Welle aus Gußeisen, . . $d^4 = 0{,}001086 \frac{W R l}{a}$;

Für eine runde Welle aus Gußeisen, . . $d^4 = 0{,}001844 \frac{W R l}{a}$;

Für eine hohle Welle aus Gußeisen, deren Wandung $\frac{1}{6}$ des Durchmessers dick ist, $d^4 = 0{,}002125 \frac{W R l}{a}$;

Für eine Welle mit kreuzförmigem Durchschnitt, wie in Fig. 88 No. 1 *), so daß das Kreuz = $\frac{1}{3}$ der Seite des umschriebenen Viereckes dick ist, . $d^4 = 0{,}002665 \frac{W R l}{a}$;

---

*) Runde hohle Wellen, die am stärksten sind, sind, wenn sie nicht sehr dick seyn sollen, schwierig zu gießen; man wählt dann statt derselben manchmal kreuzförmige Wellen Fig. 88 No. 1 u. 2, welche unter gleichen Umständen, wie die ausgekehlte viereckige Welle Fig. 88 No. 4, wovon in dem Texte die Rede ist, stärker sind als die massiven runden Wellen von gleicher Schwere.

Ist die Form des Durchschnittes so wie in Fig. 88 No. 2, und nennt man ad die Dicke = d, und ab = ac = $\frac{1}{6}$d, so ist

die Formel, . . $d^4 = 0{,}038785 \frac{WRl}{a}$;

Die Form des Durchschnittes Fig. 88 No. 3 hat nicht viel mehr Stoff als die Form No. 2, ist aber stärker, und nimmt man ab stets für die Dicke d, so kann diese bestimmt

werden durch . . $d^4 = 0{,}03 \frac{WRl}{a}$.

Die Form des Durchschnittes, welche in Fig. 88 No. 4 dargestellt wird, ist hauptsächlich auch in dem Falle gebräuchlich, wenn die zu hebende Last nur in Zwischenräumen Widerstand verursacht, z. B. zweimal bei jeder Umdrehung der Welle. Dieses ist unter andern der Fall, wenn an dem einen Ende der Welle ein Rad oder eine Kurbel sitzt, und am andern Ende ein Wellfuß oder ein Daumen, um eine Stampfe oder einen schweren Hammer zweimal während jeder Umdrehung der Welle zu heben. In diesem Falle wird der Hebedaumen so angebracht, daß die Last gerade gehoben wird, wenn die Diagonallinie cd vertikal ist *). Die Welle hat dann die größte Dicke und befindet sich in der vortheil-

*) Ueber das Heben von Stampfen und Hämmern mittelst Hebedaumen, die in Wendelaxen sitzen, wird in der folgenden Abtheilung gehandelt.

haftesten Stellung, um durch den Druck der Last am wenigsten gebogen oder gedreht zu werden.

Muß die Last anhaltend gehoben werden, so wird der kreisförmige Durchschnitt, welcher die Diagonale cd zum Durchschnitte hat, die beste Form seyn, aber unter dem gedachten Umstande ist die viereckige Form bei geringerer Quantität des Stoffes vortheilhafter. Nimmt man die Ausschnitte so, daß sie eine Breite ab haben, welche der halben Seite des Viereckes gleich ist, und $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{7}$ dieser Seite zur Tiefe, so wird, wenn man jetzt die Diagonale cd für die Dicke d nimmt, die Dicke bestimmt werden müssen durch die Formel

$$d^4 = 0{,}00181 \cdot \frac{WRl}{a}.$$

Wenn man die Formeln von §. II. hat anwenden lernen, so wird die Anwendung der jetzt gegebenen keine Schwierigkeit verursachen, jedoch wird ein einzelnes Beispiel zur Erläuterung keinen Schaden bringen.

Die diagonale Dicke einer Welle zu bestimmen, deren Durchschnitt so gestaltet ist wie in Fig. 88 No. 4? Es sey die Kraft, von welcher die Welle mittelst eines Zahnrades in Umlauf gesetzt wird, $W = 1200$ Pfund, der Halbmesser des Rades $R = 65$ Zoll, und die Länge der Welle 2,5 Ellen ($l = 250$ Zoll). Da angenommen wird, daß die Kraft die Last mit Zwischenräumen hebt, und also jedesmal Stöße stattfinden können, so soll die Quantität der Torsion a nicht $(\frac{1}{4})^\circ$ überschreiten.

Bringt man nun die angegebenen Zahlen in die letzte Formel, so bekommt man

$$d^4 = 0{,}00181 \cdot \frac{1200 \cdot 65 \cdot 250}{\frac{1}{4}} = 0{,}00181$$
$$\cdot\ 1200 \cdot 65 \cdot 1000;$$

es ist also $d^4 = 141180$.

Die Quadratwurzel aus dieser Zahl ist $d^2 =$ beinahe 375, und nimmt man nochmals die Quadratwurzel aus dieser Zahl, so ergiebt sich für die diagonale Dicke der Welle beinahe $19\frac{4}{10}$ Zoll, woraus man alsdann durch Berechnung, oder durch geometrische Construction die Länge der Seite des viereckigen Durchschnittes bestimmen kann.

Das Schwierigste bei der Anwendung dieser Formeln wird immer seyn, die wahre Quantität des Grades der Reibung, nämlich die Größe a zu bestimmen. Die Erfahrung allein kann dafür das richtige Maaß an die Hand geben. Es müssen übrigens die Umstände, welche bei der Bewegung der Welle stattfinden, immer zu Rathe gezogen werden. Das Nachfolgende kann zu einem und dem andern den Weg zeigen.

Für hölzerne Wellen wird die Zahl der Grade der Torsion am größten seyn können; manchmal werden 3° Torsion nicht nachtheilig seyn, wenn der Druck der Kraft gering ist, und selbst wenn sie nicht regelmäßig wirken sollte. Die Wellen befinden sich dann während der Umdrehung in einem unaufhörlichen Zittern, welches durch die Elasticität des Holzes erzeugt wird, und dieses Zittern ist bei großen Mühlenwerken manchmal in der Art von Nutzen, daß es die Stöße, welche durch die unregelmäßige Wirkung der Bewegkraft entstehen, aufhebt.

In gewöhnlichen Fällen darf man jedoch die Größe a für hölzerne Wellen nicht über 2° stellen.

Gußeiserne Wellen können nicht so viel Torsion aushalten, als schmiedeeiserne und hölzerne;

ein Grad Torsion ist im Allgemeinen wohl das Höchste, was man annehmen kann. Muß die Bewegung mit großer Genauigkeit fortgepflanzt werden, so kann man bei einer regelmäßigen Wirkung der bewegenden Kraft a nicht größer als $\frac{1}{2}$ nehmen. Finden während der Bewegung Stöße statt, wie in dem oben angeführten Beispiele, oder beträgt die Anzahl der Umgänge in der Minute z. B. mehr als 20, oder wenn dieselbe Welle auf andere Wellen mittelst einer Kuppelung (wie gleich angegeben werden soll), oder durch kleine Zahnräder, die auf große wirken, und also durch starke Torsion nachtheilige Biegungen in den großen Zahnrädern verursachen können u. s. w., die Bewegung überträgt, so muß a nur = $\frac{1}{4}$ genommen werden. In jedem Falle kann man sich durch die Formeln, welche im ersten Theile am Ende des Art. 160 angegeben sind, überzeugen, daß man den größtmöglichen Grad der Torsion nicht überschreitet.

77) Die Zapfen der Wellen sind der Torsion eben so sehr ausgesetzt, als die Wellen selbst. In diesem Falle kann man sich also nicht nach dem richten, was von den Zapfen kurzer Wellen, die geringer Torsion unterliegen, im ersten Theile gesagt und angegeben ist; denn es liegt auf der Hand, daß ein Zapfen; welcher eine fast eben so große Torsion erfährt, als die Welle selbst, auch nicht viel dünner genommen werden dürfe, als die Welle selbst, wenn nämlich Zapfen und Welle aus einerlei Stoff sind. Wenn also die Welle von Gußeisen massiv ist, so werden die Zapfen eben so dick als die Welle; der Durchschnitt der Zapfen viereckiger Wellen wird deshalb ein im Viereck, welches der Durchschnitt der Welle ist, beschriebener Kreis.

Die Zapfen massiver runder Wellen aus Gußeisen sollten mit der Welle einen ununterbrochenen Cylinder

bilden, jedoch macht man, um das Fortrutschen der Welle in den Zapfenlagern zu verhindern, die Zapfen ein wenig dünner (siehe Fig. 89).

Die Zapfen hohler Wellen werden natürlich dünner als die Wellen, weil die Zapfen massiv sind. Für eine hohle Welle berechne man alsdann durch die Formeln des Art. 76, welche Dicke die Welle haben müsse, wenn sie massiv wäre, und diese Dicke muß diejenige der Zapfen seyn.

Für schmiedeeiserne Wellen gilt dieselbe Bemerkung, die auch auf hölzerne Wellen anwendbar ist, wenn die Zapfen mit der Welle ein massives Stück ausmachen und ebenfalls von Holz sind. Dreht sich aber die hölzerne Welle um schmiedeeiserne Zapfen, so muß man die Dicke der Welle und der Zapfen besonders bestimmen, und es wird diejenige der Zapfen ganz so bestimmt, als ob die Welle nicht von Holz, sondern von Gußeisen oder von Schmiedeeisen seyn sollte.

Zapfen aus Schmiedeeisen sind für hölzerne Wellen natürlich vortheilhafter, als Zapfen aus Gußeisen, sowohl der größern Stärke, als der geringern Dicke halber, bei welcher der Widerstand der Reibung nicht nur geringer ist, sondern man sie auch bequemer in die hölzernen Wellen einsetzen kann *). Da es von

*) Im ersten Theile Art. 176 sind die hauptsächlichsten Arten beschrieben, wie eiserne Zapfen in hölzernen Axen oder Wellen befestigt werden. Da diese Verfahrungsarten nicht allein auf Schiffswinden und Haspel anwendbar sind, sondern auch auf Wellen von Räderwerken, welche nur der Form nach von Haspeln und Schiffswinden verschieden sind, so würde es hier ganz nutzlos seyn, über diese Befestigungsarten noch zu sprechen.

Ueber die Einrichtung der Pfannen, in welchen die horizontalen und senkrechten Zapfen der Wellen laufen sollen, ist im ersten Theile gegen das Ende des Art. 177 genug gesagt worden.

großem Belang ist, daß die eisernen Zapfen in den hölzernen Wellen fest eingesetzt werden, und hierzu eine bestimmte Dicke für die Wellen erfordert wird, so kann es sich ereignen, daß, um der Bedingung einer festen Verbindung der Welle mit ihren Zapfen zu entsprechen, die Dicke der Welle größer genommen werden muß, als durch die oben stehenden Formeln bestimmt wird.

Wenn die Wellen eine vertikale oder nicht sehr schräge Stellung haben, so hat man weniger nöthig, die Dicke der Zapfen zu berechnen, denn diese leiden dann sehr wenig von der Torsion, weil sie nicht nur in der Richtung ihrer Länge gedrückt werden, sondern auch mit der Wand der Pfanne nur auf einer sehr kleinen Oberfläche in Berührung stehen. Da also bei stehenden Wellen eine Berechnung weniger Noth thut, so kann man die Dicke der Zapfen dergestalt nach der Dicke der Wellen reguliren, daß sie blos zur gehörigen Unterstützung dienen.

78) Wenn der Abstand zwischen den Unterstützungspunkten groß ist, so daß die Welle im Vergleiche zu ihrer Länge keine hinlängliche Dicke hat, so kann sie sich durch ihre eigne Schwere, oder durch diejenige des Rades, oder der Stücke, welche von ihr getragen werden, auf eine nachtheilige Weise biegen, und dem muß natürlich vorgebaut werden. Eiserne Wellen, sowohl aus Gußeisen als Schmiedeeisen können durch ihr eignes Gewicht allein eine nachtheilige Biegung bekommen, wenn sie weniger als $\frac{1}{14}$ ihrer Länge zur Dicke haben *); für das Holz muß die Dicke $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{9}$ der Länge betragen, damit

*) Es ist wahr, daß für einen geschmiedeten Stab diese Dicke $\frac{1}{24}$ bis $\frac{1}{30}$ der Länge seyn muß, bevor eine beträchtliche Biegung stattfindet. Dabei wird aber vorausgesetzt, daß der Stab in Ruhe liege, bei einer Welle ist dieses nicht der Fall.

durch die Schwere der Welle, oder der aufgezogenen Räder keine nachtheilige Biegung stattfinde.

Bei einer größern Dicke, als die eben angegebene, kann man also der erforderlichen Stärke versichert seyn, es müßte denn ein Rad, oder irgend ein anderes Stück, welches von der Welle getragen wird, eine solche beträchtliche Schwere besitzen, daß dadurch eine nachtheilige Biegung verursacht würde.

Ist die Dicke nicht zureichend, so kann man

1) der ganzen Welle überall im Verhältniß zu ihrer Länge eine verhältnißmäßigere Dicke geben. Dieses kann man nun bei hölzernen Wellen thun; aber obschon man auf diese Weise einer Welle eine gleichförmige Stärke giebt, und die Biegungen nebst den zitternden Schwingungen dann am allerkleinsten sind, so würden doch eiserne Wellen dadurch zu sehr erschwert werden, aus welchen Gründen man dieselben alsdann

2) nur an derjenigen Stelle dicker macht, wo ihre Biegung am größten und am nachtheiligsten seyn würde. Von dieser Stelle an bis ans Ende läßt man die Dicke alsdann unmerklich abnehmen, so daß eine solche Welle alsdann eine Gestalt bekommt, wie Fig. 90 angegeben ist, und eine geschwollene Welle genannt wird. In dem Maaße, in welchem die Figur des Durchschnittes der Welle verschieden ist, kann man an der Stelle, wo die meiste Stärke erforderlich ist, den ganzen Durchschnitt der Welle, oder nur einige Theile vergrößern. Wenn z. B. der Durchschnitt ganz rund, viereckig, achteckig oder kreuzförmig ist, so muß man so zu sagen, den ganzen Durchschnitt dicker werden lassen; aber hat die Welle einen Durchschnitt, wie in Fig. 88 No. 2, dann läßt man nur die 4 vorragenden Kanten a b c u. s. w. dicker werden, während das innerste Viereck überall gleich groß bleibt; die Figur

der Welle wird dann, wie sie in Fig. 91 angegeben ist; es ist jedoch leicht einzusehen, daß eine Verstärkung des ganzen Durchschnittes der Welle während der Bewegung eine größere Stärke geben müsse, so daß geringere Biegung und zitternde Schwankung stattfinden kann, als wenn die Abnahme der Dicke nur auf einigen Punkten des Durchschnittes stattfindet.

Die größere Dicke, welche man einer Welle in der Mitte (wenn sie wenig oder nicht, oder nahe an den Unterstützungspunkten belastet ist), oder auf irgend einem andern Punkte ihrer Länge, wo sie von einer großen Last gedrückt wird, geben muß, ist dann leicht zu bestimmen, nach Anleitung dessen, was im ersten Theile Art. 156 und ffg. über das Berechnen der Dicke der Körper verhandelt worden ist, welche an beiden Enden unterstützt und an irgend einem Punkte zwischen den Unterstützungspunkten belastet sind, so daß die Biegung an dieser Stelle keine bestimmte Quantität überschreitet.

3) Sind die Wellen sehr lang, so kann man, ohne dieselben beträchtlich zu verdicken, das starke Biegen oder Zittern dadurch verhindern, daß man die Unterstützungspunkte vervielfältigt, so daß der Abstand zwischen zwei Unterstützungspunkten, je nachdem der Raum dieses zuläßt, nicht größer werde, als das Zwölf= oder Vierzehnfache der Dicke der Welle. Auf diese Weise bekommen die Wellen außer den zwei Zapfen noch einen oder mehrere Hälse Fig. 92 (welche nur einige Linien weniger dick sind, als die Welle), die in Lagern liegen, oder die man, um die Reibung zu vermindern, auf cylindrischen Rollen, welche die Lager ersetzen, kann laufen lassen. Solche Hälse hölzerner Wellen werden alsdann, gleich den hölzernen Zapfen dieser Wellen, (siehe Theil 1 Art. 176) mit verstählten Schienen belegt, Fig. 93. Bei langen, schräg liegen=

den Wellen muß man dieselbe Einrichtung anwenden, und obschon eine stehende Axe oder Welle Fig. 94 dadurch eigentlich keinen dritten Stützpunkt bekommt, so wird es doch bei einer ansehnlichen Länge derselben von Nutzen seyn, sie zur Verhütung starker Schwingungen u. s. w. in ihrer mittlern Länge in einem festen Kragen, welcher sehr genau, jedoch ohne Klemmung den Hals der Welle umschließt, sich drehen zu lassen.

Ein solcher Kragen kann aus zwei halben eisernen oder messingenen Bügeln bestehen, welche um den Hals der Welle gelegt sind und an der Seite an einem festen Theile der Maschine mit Bolzen oder Schrauben angeschlossen sind, siehe Fig. 94 No. 2.

Oder der Kragen kann aus zwei hölzernen oder steinernen Stücken bestehen, von denen jedes weniger als halbrund ist, und zwischen welchen die Welle alsdann eingeschlossen ist, siehe Fig. 94 No. 1. Eins der beiden Stücken kann fest seyn, das andere aber muß, zum Einlegen oder Ausheben der Welle, aus seiner Verbindung mit irgend einem festen Theile der Maschine genommen werden können.

Anmerk. Bei der Berechnung der Dicke der Wellen muß man darauf Rücksicht nehmen, wenn sie mehr als zwei Unterstützungspunkte haben müssen, oder bekommen sollen, die Länge von dem ersten Unterstützungspunkte bis zum letzten zu rechnen, ohne dabei die zwischenliegenden Unterstützungspunkte in Anschlag zu bringen; denn letztere unterstützen die Welle nur, um eine Biegung derselben und starke Schwankungen zu vermindern; aber wenn die Torsion über die ganze Länge der Welle stattfindet, so können sie nicht viel weniger dick seyn, und die genannten Formeln sind nur auf den Effect der Torsion gegründet.

79) Außer daß die Länge der Wellen so groß seyn kann, daß man sie aus einem einzigen Stück schwerlich gut und stark, oder im Ganzen nicht aus einem Stücke gießen oder schmieden kann, oder daß dadurch der Transport und die Anbringung derselben in einer Maschine behindert werden sollte: so ist es häufig auch nöthig, eine Welle aus verschiedenen Stücken ihrer Länge nach bestehen zu lassen, damit man die Bewegung einiger dieser Theile oder kleinerer Wellen nach Erforderniß hemmen kann u. s. w. Obschon nun über die Art und Weise, die Bewegung der Wellen zu hemmen, in der folgenden Abtheilung besonders gehandelt wird, und daselbst die verschiedenen Verbindungsarten für große und kleine Wellen angegeben werden, so ist es hier doch nicht unpaßlich, in der Kürze anzugeben, wie man eine lange Welle aus verschiedenen kürzern Wellen auf eine sehr einfache Weise zusammensetzen kann, oder auch, wie die Bewegung einer Welle einer andern, in derselben Richtung liegenden bequem mitgetheilt werden kann. Diese Vorschriften sind besonders bei Wellen aus Schmiedeeisen und Gußeisen anwendbar; für hölzerne Wellen kann man jedoch ähnliche Mittel in Anwendung bringen, wenn es (was gleichwohl selten der Fall ist) sich nothwendig macht, dieselben aus verschiedenen Stücken zusammenzusetzen.

1) Wenn man das Ende A einer Welle AC Fig. 95 außerhalb des Stützpunktes E viereckig macht und dasselbe in ein eben so großes und viereckiges Loch eintreten läßt, welches im Ende B einer zweiten Welle BD ausgestemmt ist, so wird natürlich die Bewegung der Welle AC der Welle BD mitgetheilt werden. Die Welle BD kann auf dieselbe Weise wiederum in eine dritte Welle eintreten u. s. w.

Auf diese Weise werden die Wellen in Bewegung gesetzt, die durch sehr lange Werkstätten in Fabriken

laufen, um durch ihre Umgänge verschiedenen Maschinen entweder durch Räderwerk, oder durch andere, in der Folge zu beschreibende Mittel, Bewegung mitzutheilen. (Man wendet auch wohl in dem erwähnten Falle Büchsen an, um zwei Wellen zu verbinden; siehe in diesem Betreff die folgende Abtheilung.) Damit die Verbindung stark sey, muß das viereckige Ende A jeder Welle so dick seyn, als die runde oder viereckige Welle selbst, denn sonst kann die Welle an diesem Ende A in Folge der Torsion brechen. Es kann ferner an jeder Seite der Verbindung ein Unterstützungspunkt oder eine Pfanne für die Welle vorhanden seyn, oder nur ein einziger Unterstützungspunkt im Ganzen, wie sich nun dieses eben nothwendig macht.

2) Denselben Zweck erreicht man, indem man außerhalb des Unterstützungspunktes E Fig. 96 No. 1 mit der ersten Welle eine Klaue A mit zwei Haken a und b fest verbindet, und die Haken in gegenüberliegender Richtung Fig. 96 No. 2 in zwei Augen c und d einer zweiten Klaue B greifen läßt, die außerhalb des Unterstützungspunktes B der zweiten Welle mit dem Ende derselben verbunden ist.

Diese Klauen können nach Umständen kurz oder lang seyn (jedoch immer länger als die Wellen dick sind); sie sind nicht so schwierig herzustellen, als die Welle, die in eine andere eintritt Fig. 95, und geben im Allgemeinen an den Verbindungspunkten eine weniger nachtheilige Torsion. Sie können nicht angewendet werden, wenn sich die Wellen bald in dieser, bald in einer entgegengesetzten Richtung drehen müssen, indem die Haken aus den Augen treten, sobald die Richtung der Bewegung von c nach e Fig. 96 No. 2 stattfindet. Muß dagegen die eine Welle still stehen, wenn sich die andere in einer andern Richtung umdreht, so sind sie für diesen Zweck ganz

besonders brauchbar, wenn zumal eine der Klauen dann hinten ausgeschoben werden könnte. Man kann jedoch diese Klauen so in einander greifen lassen, daß sie einander in der Bewegung, sowohl vorwärts als rückwärts immer folgen. Man kann sie dabei ganz und gar rund oder cylindrisch machen und mit mehr als zwei Haken oder Zähnen versehen. Sie werden dann Kuppelungen genannt.

3) Kuppelungen sind nichts anders, als gegossene cylindrische Stücke, Fig. 97, deren entsprechende Zähne in einander schlußgerecht eingreifen können, wie sich dieses aus derselben Figur leicht entnehmen läßt (siehe auch Fig. 98). Sie werden an den Enden zweier an einander grenzender Wellen befestigt, entweder ganz fest, oder so, daß sie hinten ausgeschoben werden können, um aus einander zu greifen, für den Zweck, die Bewegung einer Welle zu hemmen. Man hat im Allgemeinen zwei Arten von Kuppelungen, nämlich solche, welche, wenn sie in einander gegriffen haben, einander die Bewegung in beiden Richtungen, oder nur in einer Richtung mittheilen. Der ersten Art giebt man viereckige Zähne Fig. 98 und 99; der letzten Art dreieckige Zähne in der Form eines Kronrads mit Sperrkegel Fig. 100 und 101. Im Großen verdienen wenige, jedoch große Zähne Fig. 98 und 101 vor mehreren und kleineren Zähnen Fig. 99 und 100 den Vorzug; jedoch ist es von Nutzen, um die Wirkung der Kuppelungen auf ihrem Umfange regelmäßig zu vertheilen, die Anzahl der Zähne, besonders der dreieckigen nicht geringer zu nehmen als drei.

Und dieses sey nun genug über die Art und Weise, wie Axen oder Wellen, welche in derselben Richtung liegen, einander die Bewegung mittheilen können; denn andere gebräuchliche Mittel, um Wellen,

sowohl liegende als stehende, zu verbinden, finden in der folgenden Abtheilung einen bessern Ort.

Viertes Kapitel.

Anmerkungen über den Gebrauch des Räderwerkes nebst Beispielen.

§. I.

Anmerkungen über den Gebrauch des Räderwerkes.

80) Das Räderwerk kann überall angewendet werden, wo Wellen, gewisse Theile von Maschinen u. s. w. aus der kreisförmigen Bewegung anderer Theile der Maschine auf eine genaue Weise eine kreisförmige Bewegung erhalten sollen. Auch um größere oder kleinere Geschwindigkeiten Körpern mitzutheilen, ferner größere und kleinere Drucke auf Körper auszuüben, ist das Räderwerk ganz besonders geeignet. Wenn diese Effekte mit Genauigkeit erlangt werden sollen, so sind genau construirte Zahnräder die besten Mittel dazu. Sobald eine geringere Genauigkeit erforderlich ist, und auch noch in einigen andern Fällen, hat man häufig einfachere Mittel, die Bewegung fortzupflanzen und mitzutheilen, die in der folgenden Abtheilung an ihrem Orte angegeben werden sollen.

Wo man indessen Räderwerk anwenden will, da muß man zwischen der Art des Räderwerkes eine richtige Wahl treffen, und dazu mögen folgende Bemerkungen dienen.

Die Stirnräder, welche auswendig wirken und mit Zähnen versehen sind, die senkrecht auf dem

Umfange stehen, sind unter allen Arten der Zahnräder die beste, indem sich die Zähne am wenigsten an einander reiben, und auch die Wellen keinen Seitendruck erfahren; man kann jedoch von diesen Rädern keinen Gebrauch machen, wenn es darauf ankommt, die kreisförmige Bewegung im rechten Winkel fortzupflanzen.

Das auswendige Räderwerk mit schrägen Zähnen wird im Großen mehr Reibung geben, als im Kleinen, auch ist dessen Construction im Großen nicht leicht, und man muß dasselbe also ungeachtet der Vortheile, welche mit seinem Gebrauche verbunden sind, nur im Kleinen anwenden. Dasselbe gilt von Räderwerk mit schrägen Zähnen, durch welches die kreisförmige Bewegung rechtwinklig fortgepflanzt werden soll.

81) Das inwendige Räderwerk vermeide man so viel wie möglich, es müßten denn Absichten und örtliche Umstände den Gebrauch desselben vorschreiben. Im Großen steht diese Art des Räderwerkes dem auswendigen bei weitem nach, und zwar

1) weil das äußere Rad nicht benutzt werden kann, das innere in Bewegung zu setzen, letzteres müßte denn im Verhältnisse zum erstern einen sehr kleinen Durchmesser haben;

2) weil es schwierig oder umständlich ist, die Speichen oder die Kreuzarme des großen Rades mit den Felgen ausreichend stark zu verbinden; wenigstens kann diese Schwierigkeit für hölzerne Kreuzarme nicht gering seyn, da sie mehr hinter der Ebene des Rades AB Fig. 102 vorragen müssen, als sonst, um nämlich der Bewegung des inwendigen Rades ab nicht hinderlich zu seyn;

3) weil die feste Lagerung der Wellen und der Unterstützungspunkte derselben umständlich und häufig mit unvermeidlichen Schwierigkeiten verbunden ist.

So kann z. B, die Welle des kleinen Rades weniger durchlaufen, und das Rad muß also außerhalb der Unterstützungspunkte an dem Ende der Welle aufgezogen werden, was zwar sehr gut geschehen kann, wenn die Wellen horizontal liegen, aber die Reibung wird dadurch bei großem Drucke beträchtlich, weil die Welle zwischen der untern Seite der vordern, und zwischen der obern Seite der hintern Pfanne Torsion erfährt. Ist der Durchmesser des innern Rades größer, oder selbst etwas kleiner, als der Halbmesser des äußern Rades, so kann keine der beiden Wellen durchlaufen; im Großen und selbst bei einer mäßigen Geschwindigkeit können alsdann die Räder einander nicht regelmäßig forttreiben, wegen des Wackelns und Schwankens der Wellen. Endlich wird die Schwierigkeit, die Wellen gleichmäßig und mit wenig Reibung sich bewegen zu lassen, allerdings groß, sobald der Stand derselben vertikal ist. Eine der Wellen muß dann hängen.

Man kann das inwendige Räderwerk manchmal anwenden, wenn das Rad keine Speichen oder Kreuzarme braucht, oder haben kann; z. B. um die Haube einer kleinen Mühle, oder einer Sternwarte u. s. w. innerhalb des Gebäudes selbst umdrehen zu können, kann man sich eines inwendig gezahnten eisernen Kreises A B C D Fig. 103 bedienen, welcher mit dem beweglichen Theile, der sich auf Rollen drehen kann (wie die Figur dieses auch im Durchschnitte darstellt) verbunden ist. Auf diesen gezahnten Kreis kann man ein kleines Getriebe R, an einer vertikalen Welle befestigt, die ihren Ort nicht verändert, weil ihre Stützpunkte mit dem unbeweglichen Boden verbunden sind, wirken lassen, und auf diese Weise mit einer Kurbel den beweglichen Theil ohne weiteres Räderwerk in Umdrehung versetzen. Wenn das Getriebe im Verhältnisse zum gezahnten

Kreise sehr klein ist, so kann die Einrichtung auf diese Weise bestehen, besser ist es jedoch immer, ein kegelförmiges Getriebe und einen kegelförmigen gezahnten Kreis anzuwenden. In der folgenden Abtheilung kommen noch einige Beispiele der Anwendung inwendig gezahnter Räder vor.

82) Um die kreisförmige Bewegung rechtwinklig überzutragen, sind Kegelräder am zweckmäßigsten; und um die Bewegung im stumpfen, oder im scharfen Winkel überzutragen, muß man sie ausschließlich anwenden. Für die rechtwinklige Fortpflanzung der Bewegung sind die Kegelräder immer besser, als die sogenannten Kronräder, da die Reibung der letztern durch die Abnutzung der Treibstekken ungemein zunimmt. Außerdem nehmen auch Kegelräder viel weniger Raum ein. Um die Bewegung schiefwinklig fortzupflanzen, sollte man immer Kegelräder anwenden, denn wie wenig der Winkel der Wellen auch von 90° differiren möge, so läßt sich durch Kronräder die Bewegung immer nur auf eine mangelhafte Weise fortpflanzen, indem dergleichen Räder sich nur für die Fortpflanzung der Bewegung im rechten Winkel eignen; man thut folglich sehr wohl, das obere Rad, den obern Drilling, das untere Rad und den untern Drilling einer Windmühle durch zwei auf einander wirkende Kegelräder zu ersetzen.

Endlich muß noch bemerkt werden, daß man bei Kegelrädern so wenig wie möglich, oder niemals conische Drillinge anwenden darf, weil dieselben einmal häufig mehr Raum, als ein Rad einnehmen, und weil man ferner bei der Schwierigkeit, die Zähne oder Kammen richtig zu construiren, selten eine so regelmäßige Bewegung bekommt, als mit zwei Kegelrädern.

§. 11.

Anwendung des Räderwerkes bei Haspeln.

83) Um einige Beispiele von der Anwendung und dem vortheilhaften Gebrauche der Zahnräder zu geben, so soll dazu genommen werden der einfache Haspel und dessen Verbindung mit den Seilrollen, nämlich der Krahn; nicht weil diese Maschinen die wichtigsten in der ganzen Mechanik sind, oder weil es schwierig ist, andere Beispiele zu geben, sondern weil sie als sehr einfach und hinsichtlich ihres Effectes aus dem ersten Theile dieses Werkes bereits bekannt sind, folglich der wenigsten Umschreibung bedürfen, was bei der Erklärung zusammengesetzterer Maschinen keinesweges der Fall seyn dürfte; ferner auch, weil einige Anwendungen des Räderwerkes in den genannten einfachen Maschinen nicht allgemein bekannt sind, und über dieses andere Maschinen, in welchen Räder zur Anwendung kommen, in der Folge noch häufig erwähnt werden sollen.

Fig. 104 und 105 stellen in zwei verschiedenen vertikalen Projectionen zwei verschiedene Formen tragbarer Haspel dar, welche auf die einfachste Weise mit Räderwerk versehen sind. Dergleichen Haspel, welche durch drei oder vier Männer leicht zu transportiren sind, gebraucht man häufig in Fabriken, in welchen die verfertigten Gegenstände von einer beträchtlichen Schwere sind, auch jedesmal von einer Stelle zur andern bewegt und von den untersten Werkstätten nach den obersten gehoben und umgekehrt wieder niedergelassen werden müssen, wie es z. B. der Fall in den Fabriken ist, wo das Schmiedeeisen und Gußeisen bearbeitet wird.

Bei der ersten Art von Haspeln Fig. 104 ruht der Haspel A mit seinen Zapfen in einem hölzernen Gestell. Außerhalb der ersten Pfanne, d. h.

außerhalb des vordersten Unterstützungspunktes, sitzt ein großes Zahnrad C auf dem verlängerten Zapfen des Haspels. Dasselbe wird in Umgang gesetzt durch ein kleines Getriebe D, dessen Zapfen, auf gleicher Höhe mit demjenigen der Winde liegend, aus einem durchlaufenden Stabe a b besteht, an dessen Ende zwei Kurbeln E sitzen, welche durch zwei oder vier Arbeiter bewegt werden können. Das Getriebe D an der Seite des Haspels, um welchen das Seil geschlagen ist, befindet sich hier an seiner richtigen Stelle (Art. 19); die Welle des Haspels ist von Holz, das Rad und das Getriebe sind aus Gußeisen verfertigt.

Die zweite Art des Haspels Fig. 105 ist nur verschieden von der erstern durch ihre compendiöse Construction und durch einen andern Stand des Getriebes. Das Gestell oder der Stuhl, in welchem der Haspel und das Räderwerk ruhen, besteht ganz und gar aus Gußeisen, die Haspelwelle aber aus Holz. Das Rad und das Getriebe sind hier innerhalb der Unterstützungspunkte P und Q angebracht, was weit besser ist, als wenn sie außerhalb der Unterstützungspunkte liegen; denn die Unterstützung ist dann gleichmäßiger, der Druck und die Reibung sind geringer. Das Getriebe ist hier über den Haspel gestellt, damit das Gestell oder der Stuhl dann ganz compendiös eingerichtet werden könne, obschon man dasselbe mit nicht viel mehr Complication an die Seite des Rades hätte bringen können. Ueber dem Rade ist es für horizontalen Zug sehr gut angebracht, weniger gut aber für schrägen Zug in die Höhe.

Angenommen, daß der Halbmesser des Haspels = 0,125, der Halbmesser des Rades A = 0,25, derjenige des Getriebes = 0,07 und der mittlere Halbmesser der Kurbel = 0,18 Ellen betrage, und

daß ein Mann für eine nicht lang anhaltende Arbeit auf die Kurbel einen Druck von 12 Pfunden mit einer Geschwindigkeit von 0,6 Ellen ausüben kann, so werden zwei Arbeiter mit einem der beschriebenen Haspel eine Last von 124 Pfund in Zeit von 1 Minute 3,5 Ellen hoch heben können; man kann dieses nach der Theorie des Haspels sehr leicht beurtheilen, während man dabei zugleich einsieht, wie viel man durch Anwendung von Räderwerk an Kraft und Zeit im Vergleiche mit bloßen Armen am Haspel oder mit Kurbeln ohne Räder gewinnt, während die Zusammensetzung selbst nicht viel complicirter wird.

Will man die Last nicht über eine einzelne Leitscheibe heben oder ziehen, sondern dazu noch außerdem Flaschenzüge anwenden, so vermehrt man die Kraft in desto größerem Grade. Dagegen nimmt auch die Zeit des Emporsteigens der Last, ferner die nutzlosen Widerstände der Reibung und der Steifigkeit der Seile zu. Da dieses jedoch verursachen kann, daß die Last weniger leicht ein Uebergewicht über die Kraft bekommt, so ist es für kurz dauernde Wirkungen dieser Art häufig von Nutzen, Rollen anzuwenden, man müßte denn dieselben wegen hinlänglich vorhandener Kraft ganz entbehren können.

Man wird nun keine Schwierigkeit finden, wenn die größte Last, die mit dem Haspel gehoben werden soll, nebst der Zahl der Arbeiter, die man an den Kurbeln kann arbeiten lassen, gegeben sind, die Durchmesser der Haspelwelle, des Rades und des Getriebes zu obigen Angaben in gehöriges Verhältniß zu bringen und die Anzahl der Zähne aus der Dicke, welche sie haben müssen, zu bestimmen u. s. w.

84) Es ist in großen Fabriken häufig nöthig, sehr schwere Lasten von einem Orte nach dem andern in einer horizontalen Richtung auf Entfernun-

gen von 30 und mehr oder weniger Ellen zu transportiren, oder dieselben in Packhäuser oder Werkstätten an bestimmte Orte zu bringen. Sie müssen für diesen Zweck erst gehoben, dann fortgeschafft und endlich wieder an einem bestimmten Ort in einer bestimmten Stellung niedergelassen werden. Wenn dieses anhaltend (d. h. nicht etwa ein einziges Mal) geschehen muß, so bedient man sich dazu des sogenannten Haspelwagens. Dieses Wagens bedient man sich z. B. in den Kanonengießereien, um die gegossenen Stücke nach den verschiedenen Orten in der Werkstätte, wo sie gebohrt werden sollen, zu transportiren und daselbst in die gehörige Stellung zu bringen.

Fig. 106 stellt einen Haspelwagen im Grundriß und Standrisse dar. Es sind über die ganze Länge des Gebäudes, oder des Raumes, welchen der Wagen durchlaufen muß, zwei Säulenreihen PP Fig. 106 No. 1 aufgestellt, welche eine Decke oder vielmehr zwei Geleise CC Fig. 106 No. 1 und 2 tragen.

Der Abstand der Säulen ist ungefähr 4 Ellen, während die Höhe der Decke 4 bis 5 Ellen beträgt. Der Abstand QR Fig. 106 No. 3 der beiden Säulenreihen beträgt nicht viel über 1 Elle. Die Figur stellt die Decke und die Säulen so dar, als ob sie aus Gußeisen beständen. Eine hölzerne Decke würde aus einer hinlänglichen Anzahl Planken bestehen müssen, unterstützt durch vertikale Stützen, und ferner gehörig verriegelt, jedoch die Geleise, wovon eben die Rede war, müssen immer aus Gußeisen seyn.

AAAA Fig. 106 No. 1 und 2 ist ein Wagen, aus einem viereckigen hölzernen oder eisernen Rahmen bestehend, der auf 4 eisernen Rädern ruht, wie aus den Figuren hinlänglich ersichtlich ist. Diese 4

Räder laufen auf zwei eisernen Geleisen aa, aa Fig. 106 No. 2 und 3. Diese Geleise sind rinnenartig eingerichtet, wie in Fig. 106 No. 4, damit die Räder immer Spur halten können, oder sie bestehen nur aus halben Rinnen Fig. 106 No. 2 und 3, aber alsdann sind die hinteren Flächen der Räder mit einem vortretenden Rande bb (einem sogenannten Spurkranze) versehen, um das Ausgleiten u. s. w. zu verhindern. Auf dem Wagen liegt eine hölzerne Haspelwelle D Fig. 106 No. 1 und 2 in Zapfenlagern; an der Zapfenspindel dieser Haspelwelle sitzt ein Zahnrad E, auf welches ein Getriebe F wirkt, welches mittelst einer doppelten Kurbel umgedreht werden kann. G ist ein Riegel, an welchen ein fester Rollenblock gehangen werden kann, der mit einem beweglichen Blocke H verbunden wird, um die Last bequemer heben zu können, und es ist das lose Ende des Taues oder der Kette um die Haspelwelle D geschlagen.

Die Wirkung dieses Wagens ist einfach; nachdem die Last L durch zwei oder mehr Arbeiter, die an den Kurbeln K angestellt sind, bis auf die erforderliche Höhe emporgehoben ist, wird der Haspel, oder lieber die Axe des Getriebes durch einen Sperrkegel oder durch andere Mittel gehörig festgestellt; vier oder mehr Arbeiter schieben den Wagen im Geleise fort und lassen am bestimmten Orte die Last wieder nieder, welche dann, da sie um den Haken M des Blockes H vollkommen beweglich ist, von einer einzigen Person regiert und sehr leicht in die erforderliche Stellung während des Niederlassens gebracht werden kann. Auf diese Weise transportirt und legt man nun die größten Lasten mit großer Leichtigkeit.

Anmerkung. Auf jeder Seite der Geleise ist eine kleine Bahn BB Fig. 106 No. 2 und

s, auf welcher die Arbeiter zur Seite des Wagens gehen.

85) Die gleichzeitige Anwendung zweier Haspel von verschiedenem Durchmesser (worüber im ersten Theile Art. 117 gehandelt worden) gewährt den Vortheil, daß man ohne mehr als eine Rolle anzuwenden, das Verhältniß zwischen Kraft und Last nach Belieben verändern kann. Am angeführten Ort ist diese doppelte Haspelwelle so dargestellt, als bestände sie aus einem einzigen Stück. Wendet man Räderwerk an, so kann man sie jedoch durch zwei besondere Haspel ersetzen. Eine Beschreibung der Anwendung hiervon auf den Haspelwagen wird dieses nachher erläutern.

A und B Fig. 107 No. 1 und 2 sind zwei Haspel von verschiedenem Durchmesser, welche sich auf dem Rahmen des Wagens in Zapfenlagern drehen; an den Zapfenspindeln derselben sind zwei gleich große Zahnräder aufgezogen, welche durch dasselbe zwischen- oder darüber liegende Getriebe D umgedreht werden können. Auf diese Weise wird der eine Haspel links, und der andere rechts bewegt werden; durch den einen wird dann die Last gehoben, und durch den andern niedergelassen, weshalb die Wirkung dieser zwei einzelnen Haspel ganz so seyn muß, als wie diejenige des einzelnen Haspels, der aus zwei verschiedenen Cylindern besteht und im ersten Theile Taf. IV. Fig. 148 abgebildet ist.

Die Figur stellt noch dar, wie man sogar die 4 Räder des Haspelwagens durch Räder und Getriebe in Bewegung setzen kann, wenn die Lasten von ungewöhnlicher Schwere seyn sollten, oder wenn man, um den Wagen fortzuschieben, die wenigste Zahl von Personen anwenden will.

§. III.

Anwendung des Räderwerkes in Krahnen.

86) Aus dem so eben Vorgetragenen ist es begreiflich, daß man das Räderwerk eben so gut, wie an einzelnen Haspeln, auch an den Haspeln der Krahne anbringen kann. Man kann dieses anwenden auf die Krahne, welche im ersten Theile Taf. IV. Fig. 149 bis 152 vorkommen, welche dadurch allein mittelst zweier Kurbeln ohne die großen Haspelräder oder die umständlichen Treträder, Sprossenräder u. s. w. bewegt werden können; und darin liegt dann hauptsächlich der Vortheil, den die Anwendung der Zahnräder gewährt, daß man mit sehr wenig Weitschweifigkeiten durch dieselben so zu sagen so viel Kraft ausüben kann, als man nur Lust hat, und daß man auch, da man besser im Stande ist, das Zurücklaufen der Lasten zu verhindern, viel sicherer alle Gefahren verhüten kann, welche bei der Anwendung der verschiedenen Arten von Treträdern zu befürchten sind.

Die einfachste Einrichtung wird natürlich die seyn, ein einziges Zahnrad auf der Haspelwelle des Krahnes aufzuziehen und dasselbe durch ein Getriebe und eine Kurbel in Bewegung zu setzen. Man kann hernach die Kraft dadurch vermehren, daß man die Räder und die Getriebe vervielfältigt, oder daß man in den festen und in den beweglichen Blöcken mehr Seilrollen anbringt. Endlich kann man letzteres ganz und gar vermeiden, wenn man zwei verschiedene Haspel über einander bringt und sie wie in Fig. 107 durch ein und dasselbe Getriebe in Bewegung setzt; man hat alsdann auch eine compendiöse Zusammensetzung, durch welche man die Kraft nach Willkühr vermehren kann. Von diesen Einrichtungen ausführliche Beschreibungen zu geben, würde

eine nutzlose Weitläuftigkeit und eine Wiederholung dessen seyn, was schon vorausgegangen ist; auch wird das eine und das andere noch erläutert werden durch die folgende Beschreibung eines Krahnes, der ganz und gar durch Räderwerk bewegt und in Wirksamkeit gesetzt wird, wie auch durch die Erklärung der Einrichtung der Fabrikkrahne, wovon bis jetzt noch nichts erwähnt worden ist.

87) Der Fig. 108 abgebildete Krahn besteht bis auf sein Schirmdach, welches in der Figur nicht angegeben ist, ganz und gar aus Gußeisen, so daß die Krahnflucht ab, die Krahnspille cd u. s. w. gußeiserne Stücke sind. S ist die Krahnscheibe, über welche die Kette K geschlagen ist, welche über die Rollen R, R geleitet ist und über die Haspelwelle D gewunden wird; damit letzteres regelmäßig geschehe und die Kette nicht auf sich selbst gewunden werde, ist die Haspelwelle mit spiralförmiger Auskehlung versehen, in welche die Kette paßt, wie solches auch zuweilen bei Trommeln großer Uhrwerke der Fall ist, auf welche die Seile der die Bewegung erzeugenden Gewichte gewickelt sind. Die Haspelwelle ist nun auch sehr lang gemacht, damit die Kette selbst für den höchsten Hub nie über einander gewickelt zu werden braucht. Auf die Zapfenspindel dieser Haspelwelle D ist ein Zahnrad A aufgezogen, auf welches das Getriebe E, das auf der Axe des zweiten Rades C sitzt, einwirkt. Ein Getriebe B, welches auf jeder Seite des Krahnes durch eine Kurbel umgedreht wird, bringt wiederum das Rad C in Bewegung.

Nimmt man nun an, daß die Halbmesser der Kurbeln viermal größer sind, als der Halbmesser des Getriebes B; daß die Halbmesser der Getriebe $\frac{1}{7}$ der Halbmesser der beiden Räder C und D betragen, und daß die Haspelwelle einen Halbmesser habe

= ⅓ des Halbmessers des Rades B: so werden zwei Personen mit dieser Maschine eine Last von 2000 niederländischen Pfunden heben können; weil sie aber noch über dieses die verschiedenen Reibungen überwinden müssen, und man hierfür wohl ⅕ in Abzug bringen kann, so reducirt sich die Last auf 1600 niederländische Pfunde, wobei sie diese Arbeit jedoch nur auf kurze Zeit aushalten können. Giebt man jedoch den Kurbeln sattsame Länge, so kann man mehr Arbeiter an dieselben stellen und auch schwerere Lasten heben.

Die Welle des zweiten Rades läuft durch bis auf die andere Seite des Krahnes und trägt daselbst ein Sperrrad und ein größeres Rad mit einem ebenen Umfang, um welchen man einen eisernen Bügel stark spannen kann. Dieses Rad sammt seinem Bügel, der in der Figur nicht dargestellt ist, dient also als Bremse, um, während die Last in der Höhe hängt, dieselbe mit zu tragen, indem die Bewegung des Räderwerkes vollkommen gehemmt wird; denn dazu blos ein Sperrrad anzuwenden, ist häufig gefährlich. Auch dient diese Bremse dazu, die Bewegung der Last während des Niederlassens zu mäßigen. (In der folgenden Abtheilung wird die Wirkung und Einrichtung der Bremsen näher erläutert).

Um die Lasten, nachdem sie emporgehoben sind, den Ort verändern zu lassen, muß der Krahn umgedreht werden können, und dieses läßt sich sehr leicht durch Räderwerk bewerkstelligen. Der Krahn selbst ruht auf einer Spille cd, die fest im Boden steht und oben bei c in einer metallenen Büchse sitzt. Bei d läuft sie durch eine Oeffnung in der Basis des Krahnes, während man zum Ueberfluß in der Mitte bei e noch einen Bügel um dieselbe legen kann, welcher an der Krahnsäule G befestigt wird.

in einer metallenen oder steinernen Pfanne dreht, und oben bei B in einem Lager oder Kragen, welcher mit einem Balken der Decke oder mit einer dazu bestimmten Planke in Verbindung steht.

Der Krahnbalken CD ist hier horizontal in zweckmäßiger Höhe in die Krahnsäule eingesetzt, und durch eine einzelne starke Steife EF unterstützt. Vorn am Krahnbalken hängen die Blöcke H und G mit ihren Rollen; das Seil läuft über die Haspelwelle I, welche für kleine Lasten blos durch zwei Kurbeln, und für schwere Lasten durch Vermittelung von Räderwerk umgedreht wird. Je nachdem die Lasten mittelmäßig, oder sehr schwer sind, braucht man dazu ein einziges Rad und Getriebe, oder zwei Räder und zwei Getriebe. Die Haspelwelle des Krahns ist in Fig. 109 No. 1 und 2 im Grundrisse und Aufrisse dargestellt, wie sie durch zwei Getriebe in Bewegung gesetzt wird, auf dieselbe Weise, wie der Ausladekrahn Fig. 108. Das Räderwerk ist jedoch hier besser angebracht, denn die beiden Räder K und M sitzen nicht an derselben Seite, sondern zu beiden Seiten des Haspels; das Rad M wird durch die Kurbel O und das Getriebe N in Bewegung gesetzt; die Welle des Rades M läuft über dem Haspel bis zur andern Seite und hat daselbst ein Getriebe L, welches auf das Rad K wirkt, das an der Zapfenspindel der Haspelwelle sitzt. Durch diese gleichförmige Anbringung des Räderwerkes zu beiden Seiten des Haspels wird der Druck auf die Pfannen gleichmäßiger vertheilt; auch wird es häufig schwer fallen, zweckmäßige Unterstützungspunkte aufzufinden und anzubringen, wenn die Räder an derselben Seite der Haspelwelle angebracht werden sollen.

Der Haspel ist hier mit dem Räderwerk auf einerlei Seite der Krahnsäule mit der Last angebracht; dieses ist bei den meisten Fabrikkrahnen der

Digitized by Google

Fall, weil die Einrichtung dadurch einfacher wird und den wenigsten Raum einnimmt. Der aus dieser Stellung entstehende Nachtheil liegt allein in einer größern Reibung des Zapfens A und der Zapfenspindel B, aber die Krahnsäule hat bei der vortheilhaftesten Stellung des Haspels nicht viel weniger zu leiden, als unter andern Umständen, weil sie zwei Stützpunkte A und B hat, was bei Ausladekrahnen auf freien Plätzen der Fall nicht ist, weshalb man an solchen freien Plätzen den Haspel lieber auf die andere Seite der Säule bringen muß.

Wenn man in diesen Krahn den Halbmesser der Kurbeln = 0,36, diejenigen der Getriebe = 0,07, diejenigen der Räder = 0,38 und die der Haspelwelle = 0,16 setzt, und annimmt, daß in den Blöcken G und H 4 Rollen sind, so können 4 Arbeiter an den Kurbeln bequem eine Last von 4000 niederländischen Pfunden heben, weshalb es selten nöthig seyn wird, den Krahn mit mehr Räderwerk zusammenzusetzen.

Manchmal macht man den Krahn doppelt, d. h. man bringt an die hintere Seite P ebenfalls einen Haspel mit Räderwerk, während dann auch der Krahnbalken CD nach hinten eben so weit vorragt, als nach oben. Diese Einrichtung hat natürlich den Zweck, an zwei Seiten zugleich heben zu können.

Die fernern Eigenthümlichkeiten der Form und der Stellung der verschiedenen Theile sind aus der Figur hinlänglich zu ersehen, so wie sichs auch von selbst versteht, daß die Umdrehung des Krahnes aus der Hand geschehen muß.

89) Häufig ist es in Fabriken nöthig, eine Last, die z. B. 4 Ellen weit von der Krahnsäule gehoben ist, um zwei Ellen mehr oder weniger von derselben zu verrücken. Mit gewöhnlichen, bis jetzt beschriebenen Krahnen kann man dieses nicht bewerk-

stelligen, denn dazu wird eine besondere Einrichtung des Krahnes erfordert, welche darin besteht:

Der Krahnbalken CD Fig. 110 ist über einen Theil seiner Länge z. B. von C bis an die Steife E, oder auch quer durch diese Steife mit einer Oeffnung oder einem Schlitze versehen, in welchem der feste Block H unbehindert hin und her bewegt werden kann. Derselbe steht in Verbindung mit einer Zahnstange W Fig. 110 No. 1, 2 und 3, welche über zwei Lagern a und b Fig. 110 No. 3 (es ist diese Figur nämlich ein Durchschnitt des Krahnbalkens) in dem genannten Schlitze vorwärts und hinterwärts geschoben werden kann; sie läuft an der Seite ce über metallene Nüsse (halbe vorragende Cylinder) und an der andern Seite von E, wo der Schlitz nicht ganz und gar durchgeht, über metallene Rollen. Sobald man diese gezahnte Stange durch ein Getriebe V bequem bewegen kann, so ist zu begreifen, daß die Last Z zugleich vor und hinterwärts bewegt wird, und auf diese Weise kann man eine vollkommnere Einrichtung haben, weil man dann im Stande ist, die Last auf verschiedene Entfernungen von der Krahnsäule AB heben und wieder niederlassen zu können. Außerdem kann man auch noch, wenn man den Krahn auf die gewöhnliche Weise umdreht, die Last ringsum von ihrem Orte bewegen.

Die Bewegung der Zahnstange geschieht nun auf folgende Weise: auf jeder Seite des Krahnbalkens CD hängt in einem Bügel ein Rad Q (siehe Fig. 110 No. 1, 2 und 4), welches an seinem Umfange wie eine Seilrolle ausgekehlt ist, um eine Kette ohne Ende R aufnehmen zu können. Die Welle des Rades läuft unter dem Krahnbalken durch und trägt an der andern Seite ein Getriebe S Fig. 110 No. 4, das auf ein Rad T wirkt, welches wiederum ein kleineres Rad U in Bewegung bringt.

Der Mittelpunkt dieses kleinen Rades U tritt über den Krahnbalken heraus, und die Welle desselben ruht in zwei Lagern c, d Fig. 110 No. 2, welche oben auf den beiden überstehenden Kanten des Balkens CD befestigt sind. In der Mitte trägt diese Welle ein Getriebe V, welches auf die gezahnte Stange W wirkt.

Hieraus ergiebt sich nun ganz deutlich, daß die gezahnte Stange bewegt wird, sobald man die Kette R andrückt und dieselbe in Umlauf setzt, wodurch das Rad Q in Bewegung gebracht wird. Die hierzu erforderliche Kraft besteht in dem Ueberwinden einer rollenden Reibung und ist also sehr gering, so daß eine einzige Person die schwersten Lasten gemächlich gegen die Krahnsäule hin, oder von derselben weg bewegen kann.

Die fernere Einrichtung dieses Krahnes ist derjenigen des vorhergehenden ähnlich. Die Figur giebt jedoch hier, daß der Haspel nur durch ein einziges Rad und Getriebe bewegt wird. Die Welle dieses Getriebes ist die Spindel, an welcher auch die Kurbeln sitzen. Diese Spindel läuft hinter die Krahnsäule durch die zwei Zapfenlager e und f Fig. 110 No. 5, und hat in der Mitte ein breites Sperrrad N, in dessen Zähne der Sperrkegel O, der an der Krahnsäule befestigt ist, eingreift, wenn die Last gehörig hoch gehoben ist und fest gehalten werden muß, um den Krahn umzudrehen. Da der Druck der Kraft auf die Kurbeln im Verhältnisse zur Schwere der Last sehr gering ist, so kann letztere auch wohl durch ein Sperrrad auf der Kurbelspindel festgehalten werden, denn auf dieser Spindel erfährt das Sperrrad den wenigsten Druck.

Eine kleine Bremse v, welche die Gestalt eines halben ausgehöhlten Cylinders Fig. 110 No. 6 hat, und an der Krahnsäule um ein Scharnier beweglich

ist, legt sich schlußgerecht um die runde Kurbelspindel. Diese Bremse dient dazu, die Bewegung der Last während des Niedersteigens zu mäßigen und zu verhindern, daß die Last nicht über die Kraft die Oberhand bekomme. Man muß die Bremse für diesen Zweck nur stark gegen die Krahnstange andrücken; denn die Reibung, die daraus entsteht, giebt der Last hinlänglichen Widerstand, so daß sie nicht zu geschwind niedersteigt.

Anmerk. Wenn die Last in die Höhe gehoben ist und dann gegen die Krahnsäule hin, oder von derselben abwärts bewegt werden soll, so muß nicht allein das Rad R, sondern auch die Winde I in Bewegung gesetzt werden, um das Seil oder die Kette eben so viel loszulassen, oder einzuwinden, als die Zahnstange verrückt wird.

§. IV.

Anwendung der Zahnstange und der Schraube ohne Ende.

90) Die gezahnte Stange ist in vielerlei Werkzeugen und Maschinen von wichtiger Anwendung, besonders wird sie benutzt, um mittelst einer kreisförmigen Bewegung einem Körper eine fortschreitende Bewegung mitzutheilen (siehe in dieser Hinsicht die folgende Abtheilung).

Man gebraucht sie auf dieselbe Weise in großen Dreh- und Bohrbänken, um das zu drehende oder auszubohrende Stück, oder um den Support, in welchem die Dreh- und Bohrstähle festgeschraubt sind, längs der Bank fortschreiten zu lassen. In Sägemühlen wird die gezahnte Stange benutzt, um den Schlitten, auf welchem das zu sägende Holz festgeklammert ist, fortzubewegen und zwar in dem Verhältnisse, in welchem die Sägen das Holz durchschneiden. Der zuletzt beschriebene Krahn enthält

ebenfalls eine Anwendung der gezahnten Stange. Ferner bedient man sich derselben, um die Schnecken großer Schleusen aufzuziehen, auch um sehr große Schleusenthüren selbst zu öffnen und zu schließen, so wie z. B. die große Dockenschleuse zu Antwerpen mit gezahnten Stangen geöffnet und geschlossen wird. Die gewöhnliche Kellerwinde oder das Hebezeug besteht auch meistens aus einer gezahnten Stange nebst Getriebe u. s. w.

Es ist nicht möglich, und für den gegenwärtigen Zweck auch nicht nöthig, alle diese und andere Anwendungen ausführlich zu beschreiben, und es wird deshalb genügen, von den zwei letzten ein Beispiel zu geben.

A B Fig. 111 ist die Thür einer großen Schleuse, welche bei A um ihre Thürangel beweglich ist. Am Punkte B der Thür ist eine lange gezahnte Stange BC befestigt, deren Ende C auf einer Rolle ruht Fig. 111 No. 1 und 2, um bequem auf dem Boden des Ufers oder des Kais bewegt werden zu können; E ist ein kleiner Kabestan, welcher mit einem Zapfen in einer in den Boden gemauerten Pfanne läuft. Unten hat dieser Kabestan ein horizontales Getriebe, welches auf die gezahnte Stange wirken kann, so daß diese, wenn der Kabestan umgedreht wird, nach vorwärts oder hinterwärts sich bewegt und die Schleusenthür, welche dieser Bewegung folgen muß, schließen oder öffnen wird. D ist eine Scheibe, die sich um einen festen Bolzen drehen kann; längs dieser Scheibe bewegt sich die Zahnstange und wird also mit ihren Zähnen in denen des Getriebes festgehalten, was ohne eine solche Vorkehrung nur sehr schwer zu erreichen seyn würde, und zwar um so mehr, als sich der Stand der Zahnstange in Bezug auf die Schleusenthür beständig verändert; denn wenn die Thür offen ist, so macht die gezahnte

Stange mit derselben den rechten Winkel A B C, und wenn die Thür geschlossen ist, ist der genannte Winkel alsdann A F G. Die Rolle C ist dann in G und hat, um nach G zu kommen, keinen geraden Weg verfolgen können, sondern sie hat sich längs des krummen Weges C G fortbewegt, und die Ursache davon ist die beständige Veränderung des Standes der gezahnten Stange. Wegen dieser Veränderung muß auch jedesmal mehr Kraft angewendet werden beim Schließen der Thür, da diese Kraft am kleinsten ist, wenn Zahnstange und Thür einen rechten Winkel mit einander machen, und sich von diesem Stande, bis die Thür geschlossen ist, beständig verändert.

Die vortheilhafteste Anbringung des Kabestans ist, wie die Figur angiebt, da, wo die Thür, wenn sie ganz offen steht, einen rechten Winkel mit der gezahnten Stange macht. Hiervon kann man sich leicht die Gründe angeben, wenn man sich an das oben Gesagte erinnert und in Betrachtung zieht, daß die gezahnte Stange so kurz wie möglich genommen werden muß.

91) Obschon das gewöhnliche Hebezeug oder die Karrenwinde hinlänglich bekannt ist, so soll doch zur bessern Vergleichung mit andern Arten von solchen Winden, von denen hernach die Rede seyn wird, das Mechanische derselben kürzlich erklärt werden.

Fig. 112 stellt eine Karrenwinde vor und zwar im Durchschnitt No. 1, von vorn gesehen No. 2 und von der Seite gesehen No. 3. Die gezahnte Stange A B kann durch das Getriebe D in einem für diesen Zweck in Holz ausgestemmten Raum der Winde auf und nieder bewegt werden. Dieses Gehäuse, in welchem die gezahnte Stange und das Getriebe eingeschlossen sind, ist durch eiserne Bänder

verstärkt und hat unten 4 scharfe Spitzen oder Klauen, um fest auf den Boden, oder gegen einen andern Stützpunkt gestellt werden zu können, wenn man eine Last emporwinden oder unterstützen will. Die Welle des Getriebes tritt aus dem Gehäuse hervor und hat daselbst ein Sperrrad E Fig. 112 No. 2, welches durch einen Sperrkegel festgestellt werden kann, um den Zurückgang der gezahnten Stange zu verhindern und auf diese Weise Lasten festhalten, oder unterstützen zu können. Die Kurbel K ist an der Verlängerung der eben genannten Welle befestigt. An der andern Seite hat das Gehäuse einen langen Schlitz, aus welchem der untere Haken C Fig. 112 No. 3 der gezahnten Stange hervortritt. Dieser Haken wird an solchen Körpern befestigt, unter welche man die Karrenwinde nicht stellen kann, sey es nun, daß die Körper zu nahe am Boden liegen, oder, wie z. B. Pfähle, im Boden festsitzen. Sobald die Winde unter die zu hebenden Gegenstände gebracht werden kann, bringt man den obern Haken A unter dieselben. Der Ring R dient als Henkel beim Fortbewegen und Stellen der Winde. Es braucht wohl nicht angegeben zu werden, wie man die Kraft, welche ein Arbeiter mit einer Winde ausüben kann, zu schätzen pflegt, denn davon ist Art. 15 bereits die Rede gewesen. Die mechanische Einrichtung anlangend, muß indessen bemerkt werden, daß man dieses Vermögen noch sehr vergrößern kann, wenn man das Getriebe nicht unmittelbar an die Welle der Kurbel bringt, sondern dasselbe mit einem größern Zahnrad an einer besondern Welle oder Spindel verbindet, und dieses größere Rad alsdann durch ein Getriebe umdrehen läßt, an dessen Welle die Kurbel sitzt.

92) Ueberall, wo eine langsame kreisförmige Bewegung rechtwinklig fortgepflanzt werden muß,

und wo mit geringer Kraft große Widerstände überwunden werden müssen, kann man mit Vortheil von der Schraube ohne Ende Gebrauch machen. Für diesen Zweck wird sie häufig in Drehbänken und in dergleichen Maschinen angewendet. Wiewohl dieses Werkzeug, wegen der großen Reibung der Zähne an den Schraubengewinden einer starken Abnutzung unterworfen ist, so kann man sich dennoch diese große Reibung manchmal zu Nutze machen; denn da die Schraube zwar das Rad, aber das Rad (eben der gedachten Reibung halber) nicht die Schraube umdrehen kann, es müßten denn die Schraubengewinde sehr schräg laufen, so wird ein Theil der Last von der Schraube ohne Ende von selbst getragen werden, und zwar immer viel besser, als von einem Sperrrade. Aus diesem Grunde wendet man manchmal eine Schraube ohne Ende an, um das Ruder eines Schiffes oder eines Dampfbootes, welches große Ströme oder die offenbare See befährt, umzudrehen, während man zugleich versichert ist, daß dieses Ruder durch starke Wellen, trotz der Kraft, welche aufs Steuerrad wirkt, nicht verrückt werden wird. Gewöhnlich wird das Ruder umgedreht durch ein vertikales Kegelrad, welches auf der horizontalen Welle eines vertikalen kleinen Speichenrades sitzt, das durch den Steuermann gedreht wird, während genanntes Zahnrad auf einen horizontalen kegelförmig gezahnten Bogen wirkt, der mit dem Ende der Handhabe am Steuerruder verbunden ist. Beim Gebrauch einer Schraube ohne Ende wirkt diese auf einen gezahnten Bogen, an der Handhabe des Steuerrades sitzend, während die Umdrehung durch zwei konische Zahnräder und ein kleines Speichenrad, wie gewöhnlich, erfolgt. Diese Anwendung der Schraube ohne Ende ist also von großem Nutzen, und der Nachtheil, der beim Gebrauche mit derselben

verbunden ist, besteht darin, daß das Speichenrad weiter gedreht werden muß, um das Ruder zu wenden, als wenn man sich dazu allein der Zahnräder bedient.

Wenn man mit dem Getriebe einer Karrenwinde Fig. 113 ein Rad A mit einer Schraube ohne Ende B verbindet, an deren Welle, die aus dem Gehäuse des Werkzeuges hervortritt, eine Kurbel befestigt wird, so erhält man ein Werkzeug, das an Kraft viel größer ist, oder seyn kann, als die gewöhnliche Karrenwinde mit zwei Getrieben und einem Zwischenrad, und von dem man sich sogleich versichern kann, daß es sehr schwere Lasten vollkommen trägt, ohne dazu ein Sperrrad nöthig zu haben. Eine auf diese Weise eingerichtete Karrenwinde ist deshalb, um schwere Lasten oder Körper zu stützen, zu heben, oder zu richten, weit besser anwendbar, als die vorhergehende; die Verfertigung nimmt aber größere Genauigkeit, mehr Mühe und Kosten in Anspruch, als diejenige der gewöhnlichen Karrenwinde, die jeder Hufschmidt verfertigen kann.

Von einer ähnlichen Anwendung ist die Schraube in einer andern Art der Karrenwinde, welche die vorhergehende an Kraftäußerung noch weit übertrifft. Man weiß nämlich, daß, so wie man eine gezahnte Stange vorwärts bewegen kann durch ein Getriebe, man auch eben so gut eine Schraube vorwärts bewegen kann durch die Umdrehung der Schraubenmutter, welche am Fortschreiten verhindert wird, so wie man die Schraube zugleich hindern muß, sich umzudrehen.

Es sey deshalb DE Fig. 114 eine Schraube auf ähnliche Weise, wie die Zahnstange einer Karrenwinde in ein Gehäuse eingeschlossen, oben mit einem Haken D und unten mit einer Klaue E verse-

ben, durch welche letztere (sie tritt aus dem Gehäuse durch einen engen Schlitz hervor) die Schraube am Drehen verhindert wird. Wenn nun die Mutter dieser Schraube in einem Kragen C (der fest in das Gehäuse geschraubt ist) sitzt, so daß sie sich zwar drehen, aber weder auf-, noch niedersteigen kann; wenn ferner mit derselben Schraubenmutter ein horizontales Zahnrad verbunden ist, auf welches die Schraube ohne Ende A wirkt, so liegt es auf der Hand, daß die Umdrehung dieser letztern das Emporsteigen, oder das Niedersteigen der Schraube DE verursachen muß. Die Bewegung der Schraube DE ist sehr langsam, aber der Druck, welchen man durch diese vereinigte Wirkungen der Schraube und der Schraube ohne Ende ausüben kann, ist dagegen sehr groß, wovon man sich durch Berechnung vollkommen überzeugen kann. Die ganze Maschine erheischt jedoch eine sehr genaue Zusammensetzung, weßhalb dieselbe im Großen sehr kostbar werden und von wenig allgemeinem Gebrauche seyn wird.

Die Schraube einer gewöhnlichen Presse kann man auch durch eine Schraube ohne Ende, die ihre Stützpunkte auf der gewöhnlichen Brücke hat, statt mit Handspeichen und Kabestans umdrehen. Dadurch wird die Preßkraft sehr vergrößert werden, obschon auf der andern Seite auch wiederum die Wirkung sehr langsam werden muß.

Grundsätze der angewandten Werkzeugskunst.

Zweiter Theil.

Zweite Abtheilung,

enthaltend die Entwickelung der Regeln, nach welchen man die verschiedenen Theile von Werkzeugen mit einander verbindet, um verschiedene Arten der Bewegung herzustellen.

Einleitung,

enthaltend eine Uebersicht der gewöhnlichsten Arten der Bewegung, welche man in Maschinen antrifft, so wie der Modificationen, die man im Allgemeinen angewendet findet, oder häufig zu berücksichtigen hat.

1) In der Einleitung zur vorhergehenden Abtheilung dieses Theiles ist bereits bemerkt worden, daß, wenn man eine Last fortbewegen, oder irgend eine Arbeit auf eine regelmäßige Weise mittelst einer Maschine verrichten will, welche durch eine bestimmte Kraft getrieben wird, das Schwierige dann häufig oder meistens in der zweckmäßigen Einrich-

tung der Maschine, d. h. in der passenden Wahl und Verbindung ihrer einzelnen Theile besteht. Man wird in dieser Wahl hauptsächlich beschränkt durch die 5 folgenden Punkte:

1) Durch den Abstand des Punktes oder des Theiles, auf welchen die Kraft wirkt (wie z. B. die Flügel einer Windmühle) von dem Punkt oder Theil, welcher auf eine Last wirkt, dieselbe fortbewegt oder die Arbeit ausführt (wie z. B. die Stampfen einer Oelmühle oder der Bodenstein sammt seinem Läufer in einer Getreidemühle).

2) Durch die Richtung der Kraft (wenn z. B. die Richtung der Kraft des Windes in dem angezogenen Beispiele beinahe horizontal ist).

3) Durch die Größe oder vielmehr durch die Geschwindigkeit der Kraft, und diejenige Geschwindigkeit, welche demjenigen Theile mitgetheilt wird, auf den die Kraft unmittelbar wirkt.

4) Durch die Richtung, welcher der äusserste Theil der Maschine, der die Arbeit verrichten soll, in seiner Bewegung folgen muß (welche Richtung in dem obigen Beispiele für die Mühlsteine kreisförmig und für die Stampfen auf- und niedergehend ist).

5) Durch die Geschwindigkeit der Bewegung des erwähnten, die Arbeit ausführenden Theiles.

Die Kunst der Zusammensetzung der Maschinen besteht deshalb darin, der Geschwindigkeit und der Richtung der bewegenden Kraft entsprechend, ihr Kraftvermögen, oder die Bewegung, welche sie mittheilen können, auf die einfachste und zweckmäßigste Weise so auf die Last (oder auf den Theil, durch welchen der Effect hervorgebracht wird) überzutra-

gen, daß diese in der verlangten Richtung und mit zweckmäßiger Geschwindigkeit bewegt wird. Die Vollendung oder die Erfindung von Maschinen kann aus der Kenntniß dieses Theiles der Mechanik geschöpft werden. Die hierzu dienlichen Hülfsmittel, oder diejenigen, welche die eben genannte Kenntniß gewähren, sind bereits bekannt; es sind nämlich die 7 einfachen Werkzeuge, verbunden mit den verschiedenen Arten der Zahnräder, so daß also die gegenseitigen Verbindungen dieser Werkzeuge, um Bewegungen und Kraftäußerungen in verschiedenen Richtungen und Größen von einander abzuleiten, fortzupflanzen u. s. w. nur gelehrt zu werden brauchen; und dieses macht den Gegenstand der gegenwärtigen Abtheilung aus.

In sofern die Wahl und die Einrichtung der Theile eines Werkzeugs durch allgemeine Grundsätze und Regeln bestimmt werden kann, so kann man unter der großen Zahl von Mitteln, die hier vorgetragen werden sollen (und die nach den Umständen und durch den Verstand eines Erfinders noch vermehrt werden können) immer solche finden, mit denen man irgend ein Werkzeug auf die verlangte Weise zusammen zu setzen im Stande ist. Welche Vortheile oder Nachtheile mit den erwähnten Mitteln bei ihrem Gebrauche verbunden sind, und in welchen Fällen sie gebraucht, oder angewendet werden können, wird aus allgemeinen Erklärungen, oder aus besondern ausgewählten Beispielen hervorgehen.

Endlich bemerke man noch, daß hier von einzelnen Theilen und von ganzen Werkzeugen gesprochen werden soll, und daß man sich letztere im Zustande der Bewegung vorstellen muß. Obschon nun über die verschiedenen bewegenden Kräfte und über die Art und Weise, wie sie Werkzeuge in Bewegung setzen, noch nicht speciell gehandelt worden ist, so

läßt sich doch annehmen, daß eine solche Vorstellung für einen Laien (der gewiß einmal gesehen hat, wie eine Maschine durch Menschen oder Thiere, durch Wind-, Wasser-, oder Dampfkraft, oder durch Federn und Gewichte in Bewegung gesetzt werden kann) nicht so schwierig seyn werde, daß er sich dadurch keine deutlichern Begriffe von den verschiedenen Verbindungen der Theile einer Maschine sollte machen können. Es giebt in der Mechanik zu viel zu bemerken, als daß man alle ihre Anfangsgründe nach einander oder durch einander entwickeln könnte; wenigstens aber muß in einem allgemeinen Lehrbuche derselben eine feste Ordnung der Behandlung der Gegenstände herrschen, weshalb denn auch die Erklärung der mechanischen Verbindungen der Betrachtung der bewegenden Kräfte vorausgehen muß.

2) Alles, was in dieser Abtheilung vorgetragen werden wird, kann betrachtet werden, als eine Auflösung der folgenden allgemeinen Aufgabe:

Wenn die Geschwindigkeit und die Richtung der Bewegung eines Körpers, oder eines Theiles eines Werkzeuges gegeben sind, durch diese einem andern Körper Bewegung mitzutheilen, welche in einer bestimmten Richtung und mit einer bestimmten steten oder veränderlichen Geschwindigkeit stattfinden muß.

Die Bewegung irgen eines Theiles eines Werkzeuges kann im Allgemeinen nur zweierlei Art seyn, nämlich

geradlinig oder krummlinig;

so ist z. B. die Bewegung eines Gewichtes, welches durch ein Seil über eine Rolle gezogen wird; eine geradlinige oder fortschreitende Bewegung;

und jeder Punkt des Umfanges eines Rades, oder der Welle dieses Rades hat eine kreisförmige oder krummlinige Bewegung, wenn genanntes Rad umgedreht wird.

Die krummlinige Bewegung bezeichnet in der allgemeinsten Bedeutung eine Bewegung, die in jeder gebogenen Richtung stattfinden kann, z. B. längs dem Umfang einer Ellipse, oder einer andern krummen Linie, die man nach Willkühr ziehen kann. Die Bewegung, die genau längs dem Umfang eines Kreises stattfindet, ist deshalb nur ein besonderer Fall der allgemeinen krummlinigen Bewegung; jedoch soll sie (theils der Kürze halber, theils weil andere krummlinige Bewegungen von weniger ausgebreiteter Anwendung in der Praxis sind, als die kreisförmige Bewegung) hier allein und ausschließlich in Betrachtung gezogen werden. Man muß die zweierlei Bewegungen dann unterscheiden in

geradlinige, geradeausgehende oder fortschreitende, und in kreisförmige, umdrehende oder in die Runde laufende.

Die geradlinige und kreisförmige Bewegung zerfallen jede wieder in zwei Arten, denn ein Körper oder ein Theil eines Werkzeuges schreitet entweder ununterbrochen vorwärts, oder kehrt, nachdem er einige Zeit fortgeschritten ist, wieder auf dem vorigen Wege zurück (dieses ist z. B. der Fall mit der Bewegung einer Säge, die hin- und hergeht, oder mit einer Pumpenstange, welche in einer geraden Linie auf- und niedersteigt). Mit der kreisförmigen Bewegung ist dieses eben so der Fall, so daß wir nun 4 Arten der Bewegung haben, die man unterscheiden muß, nämlich

a) Die ununterbrochene geradlinige, oder auch ganz einfach die geradlinige Bewe-

gung, welche man der Kürze halber mit dem Buchstaben R bezeichne.

b) Die kreisförmige oder in der Runde fortschreitende Bewegung, zu bezeichnen durch den Buchstaben C.

c) Die abwechselnde geradlinige Bewegung, die auf- und nieder- oder hin- und hergehende, und ausgedrückt wird durch die Buchstaben A • R.

d) Die abwechselnde kreisförmige Bewegung, die auch längs dem Umfange eines Kreises hin- und hergeht, und bezeichnet werden kann durch die Buchstaben A • C.

Die Auflösung der oben erwähnten Aufgabe besteht deshalb darin, jede dieser Bewegungen durch mechanische Mittel aus einander abzuleiten, oder entstehen zu lassen. Man kann nämlich die Mittel aufgeben, aus der geradlinigen Bewegung eines Stabes diejenige eines andern Stabes, der mit dem ersten einen rechten Winkel bildet, abzuleiten, oder aus einer geradlinigen Bewegung eine kreisförmige Bewegung zu erzeugen, und umgekehrt. Man kann alsdann so viele Verbindungen von Bewegungen darstellen, als vier Dinge auf verschiedene Weise je zwei und zwei durch Versetzung mit einander verbunden werden können. Die Anzahl dieser Verbindungen ist 16, woraus 16 verschiedene Arten entstehen, die eine Bewegung in die andere übergehen zu lassen, wie dieses aus folgender Tabelle ersichtlich ist, in welcher R in R, A • R in C u. s. w. durch Abkürzung bezeichnen: die geradlinige Bewegung kann abgeleitet werden aus einer geradlinigen Bewegung, oder sie kann in eine solche übergetragen werden; ferner die abwechselnde geradlinige Bewegung kann aus einer kreisförmigen abgeleitet werden u. s. w.

R in R,	C in R,
R in A • R,	C in A • R,
A • R in R,	A • C in R,
A • R in A • R	A • C in A • R,
R in C,	C in C.
R in A • C,	C in A • C.
A • R in C,	A • C in C.
A • R in A • C,	A • C in A • C.

3) Für jeden dieser 16 Fälle sollen in 4 besondern Kapiteln die verschiedenen Mittel zur gegenseitigen Ableitung der Bewegung angegeben werden. Diese Mittel werden ferner in der Form und manchmal auch in der Art verschieden seyn.

a) Je nachdem die abgeleitete Bewegung in derselben Ebene sich äußert, in welcher die ursprüngliche Bewegung stattfindet.

b) Je nachdem erstere in einer andern Ebene stattfinden muß.

c) Je nachdem die Richtungen beider Bewegungen, mögen sich dieselben nun in einer oder in zwei Flächen äußern, verschieden sind.

d) Je nachdem das Verhältniß zwischen den Geschwindigkeiten der beiden Bewegungen verschieden ist.

e) Je nachdem eine der Bewegungen ununterbrochen, oder aussetzend stattfindet, oder stattfinden muß, während die andere umgekehrt aussetzend, oder ununterbrochen ist, oder seyn muß.

f) Je nachdem die Bewegung auf kleine oder große Entfernungen fortgepflanzt werden muß.

g) Je nachdem die ursprüngliche Bewegung einem Körper oder vielen Kör-

pern dieselbe abgeleitete Bewegung mittheilen muß.

Endlich müssen überall für alle Bewegungen, wo es erforderlich seyn sollte, die besondern praktischen Mittel angegeben werden, deren man der Umstände oder Zwecke halber bedarf, um die Bewegungen zu reguliren, zu mäßigen, zu verändern, zu hemmen oder zu behindern, so daß sie plötzlich in einer entgegengesetzten Richtung vor sich gehen können.

Erstes Kapitel.

Ueber die verschiedenen Arten, die geradlinige und kreisförmige Bewegung überzutragen, und gegenseitig die eine aus der andern abzuleiten.

---

§. I.

Angabe der Mittel, um die geradlinige Bewegung in eine geradlinige Bewegung überzutragen; erläuternde Anwendungen, Anmerkungen u. s. w.

4) Erstes Mittel. Ein allgemeines und sehr bekanntes Mittel, die geradlinige Bewegung fortzupflanzen, besteht in der Anwendung von Seilen oder Ketten, welche durch Seilrollen K Fig. 1 einen Körper in einer bestimmten Richtung ap fortschreiten lassen, wenn sie durch eine Kraft AP in der bestimmten Richtung AP (die durch das Pfeilchen angedeutet ist) gezogen werden.

A) Wenn man sich erst auf den Fall beschränkt hat, daß die Richtungen AP und ap der

beiden Bewegungen in derselben Ebene liegen, so wird sich auch leicht begreifen lassen, wie die eine Bewegung aus der andern abgeleitet werden kann, wie auch ihre Richtungen und Entfernungen übrigens verschieden seyn mögen.

Die Entfernungen der Bewegungen einmal bei Seite gesetzt, so können die Richtungen der Bewegung in Bezug auf einander nach derselben Seite, oder nach entgegengesetzten Seiten liegen; sie können übrigens einen Winkel mit einander bilden, oder parallel seyn.

a) In Fig. 1 ist die Richtung der einen Bewegung aufwärts, und die andere niederwärts; sie machen über dieses einen Winkel mit einander, weshalb die eine aus der andern auf die Weise abgeleitet werden kann, daß man in dem Punkte, wo diese Richtungen zusammentreffen, eine Seilrolle anbringt. War der Abstand der Richtungen AP und ap so groß, daß entweder die örtlichen Umstände, oder die bestimmte Länge des Seiles nicht gestatteten, die Seilrolle K im Punkte des Zusammentreffens der Richtungen anzubringen, so muß man das Seil Fig 3 über zwei Rollen K und k leiten, und es muß noch eine Leitscheibe in l angewendet werden, wenn das Seil Kk so lang ist, daß es stark zittert, oder schwankt.

Walten dieselben Umstände vor, wenn die Richtungen der Seile parallel sind, so muß man auf dieselbe Weise zu Werke gehen. Eine Rolle K Fig. 2 ist ausreichend, wenn die Richtungen ap und BQ einen Abstand haben = dem Durchmesser der Scheibe, die man anwenden will, während man zwei Scheiben K und k, oder mehrere anbringen muß, sobald der erwähnte Abstand größer ist.

Wenn man die Enden der Seile zusammenknüpft, und das daraus entstehende Seil ohne Ende

über eine oder mehrere andere Scheiben m, n leitet, so wird man zwischen je zwei Seilrollen m und n, n und k, k und K, K und m eine ununterbrochen fortschreitende Bewegung haben, wovon die zwei gegenüber liegenden m n und K k, oder m K und n k in entgegengesetzten Richtungen stattfinden. Dieses muß natürlich der Fall seyn, mögen nun die Richtungen der Bewegungen einander parallel laufen, oder nicht.

Wenn die Richtungen der Bewegung parallel laufen, so hat man, wie sich auch so eben ergeben hat, im Allgemeinen mehr, als eine Scheibe nöthig. Dieses ist auch der Fall, wenn die Richtungen der Bewegung einander gerade gegenüber liegen Fig 9 und 10, wo man alsdann, um die Last in der Richtung a p durch eine Kraft zu ziehen, die in ihrer Bewegung einen entgegengesetzten Weg A P verfolgt, das Seil über die Scheiben K, k und m leiten muß, um den verlangten Effect zu bekommen.

b) Wenn nun die Richtungen der Bewegung nicht, wie in dem obigen Falle, nach zwei verschiedenen Seiten liegen, sondern wenn sie Fig. 4, 5, 6 und 7 denselben Weg verfolgen, d. h. wenn sie beide aufwärts oder niederwärts, oder seitwärts laufen, wie auch durch die Pfeilchen angegeben ist, so wird man immer wenigstens zwei Scheiben nöthig haben. Es braucht keine Scheibe vorhanden zu seyn, wenn die Richtungen der Bewegung auf einer Verlängerung derselben Linie liegen, Fig. 8, weil dann z. B. das Seil A P, woran die Kraft wirkt, unmittelbar an der Last befestigt werden kann. Man hat alsdann die einfachste aller Maschinen, nämlich ein Seil oder eine Kette ohne allen Zusatz. Beim Wasserschöpfen hat man ein Beispiel davon.

Es muß jedoch hier noch bemerkt werden, daß häufig Scheiben erforderlich sind, um das Seil a p

AP, wenn es nicht vertikal hängt, sondern schräg oder horizontal läuft, auf verschiedenen Punkten zu unterstützen, oder in seiner gehörigen Richtung zu erhalten. Es können sogar bei dem vertikalen Stande hie und da zwei Scheiben m, n oder l, k erforderlich seyn, um das Seil zwischen denselben zu leiten und bei einer beträchtlichen Länge das starke Schwanken zu verhüten. Diese und dergleichen Scheiben leisten dann große Dienste. Dasselbe kann auch erforderlich seyn in jedem der Fälle, die in Fig. 1 und den folgenden Figuren dargestellt sind, wenn die Seile, an denen gezogen wird, sehr lang sind.

c) Es findet auch keine Schwierigkeit irgend einer Art statt, die Bewegung in verschiedene Ebenen fortzupflanzen: die Seilrolle bietet sich hierzu eben so bequem dar, als wenn die Richtungen der Bewegung in derselben Ebene lägen. Es sey kAP Fig. 11 die Richtung der Bewegung der Kraft, und apK diejenige der Last, so daß diese Richtungen einander nicht schneiden können, sondern in verschiedenen Ebenen liegen. Man bringe dann irgendwo eine Rolle K an, welche die Richtung des Seiles so berührt, daß dasselbe vollkommen gerade in die Kehle der Rolle paßt. Denkt man sich nun mitten durch diese Rolle und durch die Richtung apK eine Ebene, so wird eine Verlängerung derselben die gegebene Richtung kAP, auch wenn sie verlängert wäre, schneiden können oder nicht. Findet eine solche Schneidung statt, so kann man das Seil apK bis in den Schneidungspunkt k fortleiten und nachher in k eine Rolle anbringen, in deren Kehle die Seile Kk und kAP geradlinig fortlaufen. Mit andern Worten, die Rolle k muß in der Ebene liegen, welche durch die Seile Kk und kP gelegt werden kann. Findet die oben erwähnte Schneidung nicht statt,

und ist z. B. die Richtung nicht kAP, sondern BQ, so muß man das Seil in der Richtung BQ über eine Rolle l leiten, um zu bewirken, daß es die neue Richtung PAk bekomme, in welcher es die Richtung Kk des andern Seiles schneiden kann. Es sind dann in diesem Falle 3 Scheiben K, k und l erforderlich. Es ist absolut nicht schwierig, den verschiedenen Scheiben oder Rollen ihren gehörigen Stand zu geben, sobald man nur dabei berücksichtigt, daß es einzig und allein darauf ankomme, die Seile aus den zwei gegebenen Richtungen (bei denen sie in verschiedenen Ebenen liegen) so zu leiten oder zu biegen, daß sie einander endlich schneiden müssen: sie liegen dann in Einer Ebene, und der Fall ist dann auf die vorhergehenden Fälle a und b zurückgeführt.

Die Umstände zeigen immer weit besser, als eine bloße Betrachtung, die Anwendung von mehr oder weniger Scheiben.

Aus Fig. 12 ergiebt sich noch

α) wie die Scheiben K, l und k angebracht werden müssen, wenn die gegebene Bewegung AP lothrecht nach oben gerichtet ist, und die aufgegebene Bewegung ap horizontal seyn soll, und wenn diese zugleich der Richtung AP zur Seite liegt, d. h. mehr nach vorn, oder mehr nach hinten.

β) Wie die Scheiben m, K, l und k liegen müssen, wenn die verlangte Bewegung nicht, wie so eben, von a nach p, oder nach AP, sondern in der Richtung a'p' d. i. von AP abwärts stattfinden soll.

d) Bei Anwendung dieses Mittels muß man darnach streben

α) so wenig Scheiben anzuwenden als möglich ist, und in jedem Falle den Durchmesser der Scheiben so groß, wie möglich, zu nehmen;

β) diese so anzubringen, daß sie von den Seilen in kleinst möglicher Extension berührt werden, was stattfindet, wenn man den Winkel zwischen den Seilen so groß, wie möglich, nimmt. Es wird dabei beabsichtigt, in Folge der Reibung und der Steifigkeit der Seile so wenig, wie möglich, Kraft zu verlieren. Im Fall also die Bewegungen so gerichtet sind, wie die Linien ap, und BQ Fig. 3, und man zwei Scheiben anwenden muß, so würde es besser seyn, die Leitscheibe für das Seil QB in m als in k anzubringen, weil dann der Winkel Bmk größer ist, als BkK, und die Scheibe m also weniger geklemmt wird, als die Scheibe k. Jedoch darf man den Winkel BmK nicht immer so groß nehmen, als man Lust hat, denn bei einer zu großen Oeffnung desselben wird der Winkel pKm wieder zu scharf, und es entsteht alsdann an der Scheibe K wieder ein zu starkes Klemmen u. s. w.

e) Bei den so eben erörterten Arten, die Bewegung fortzupflanzen, sind beide Bewegungen, sowohl die gegebene, als die abgeleitete, von gleicher Größe oder Geschwindigkeit. Wenn verlangt werden sollte, daß die abgeleitete Bewegung nur $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. s. w. der Geschwindigkeit der gegebenen Bewegung habe, so könnte man dieses durch bewegliche Blöcke mit Scheiben ausführen; doch muß hierbei berücksichtigt werden

α) daß die Veränderungen der Geschwindigkeit durch dieses Mittel allein nicht in allen Verhältnissen bei Anwendung beweglicher Blöcke stattfinden können;

β) daß man mit beweglichen Blöcken durch die Steifigkeit der Seile u. s. w. immer viel Kraft nutzlos verlieren muß, und daß außerdem noch die Bewegung eines Seiles, welches über viele bewegliche Rollen läuft, selten regelmäßig und sanft ist,

es müßte denn das Werkzeug von solcher Dimension und von solcher Beschaffenheit seyn, daß man statt der Seile kleine messingene Ketten oder feine seidene Schnüre gebrauchen und dieselben über sauber abgedrehte messingene Rollen laufen lassen könnte.

f) Da beide Bewegungen durch Vermittelung eines einzigen Seiles so zu sagen mit einander verbunden sind, so ist es schwierig, oder vielmehr meistentheils unmöglich, zu bewirken, daß die erste nur aussetzend stattfindet, während die zweite fortdauert, so lange die erste unterbrochen ist.

g) Um zu verhindern, daß die abgeleitete Bewegung durch die Schwere einer Last nicht in einer entgegengesetzten Richtung sich äußere, ist es nöthig, die beiden ebenen Seiten einer oder beider Scheiben mit einem Sperrrade zu versehen, so daß der Sperrkegel alsdann um einen Stift beweglich ist, welcher in den Bügel der Rolle gesteckt wird, siehe Fig. 13; die Last kann zwar dann noch sinken, aber ohne daß sich die Scheibe oder Rolle dreht, und dadurch kann die Reibung des Seiles so sehr zunehmen, daß das erwähnte Sinken langsam vor sich geht und demselben bei Zeiten Einhalt gethan werden kann.

Um dieses Sinken entweder langsamer zu machen, oder ganz und gar zu hemmen, kann man die Kehle der Rolle so, wie ein Sperrrad, mit Zähnen versehen, welche die Bewegung des Seiles oder der Kette in der einen Richtung nicht hindern, jedoch bei einer umgekehrten oder entgegengesetzten Bewegung als eben so viele Haken wirken, um das Seil oder die Kette festzuhalten. Um die Wirkung noch kräftiger zu machen, muß man dem Durchschnitte der Kehle nicht die Gestalt eines Kreisbogens, sondern vielmehr die eines Trapeziums Fig. 14 geben.

Das einfachste und sicherste Mittel, die abgeleitete Bewegung in ihrer Rückgängigkeit vollkommen

zu hemmen, hat man bei der Anwendung einer Kette, indem man in zweckmäßigen Abständen die Kehle der Rolle mit Stiften oder Haken versieht, Fig. 15 und 16, die während der Bewegung beständig in die Kettengelenke eingreifen. Wenn die Rolle dann übrigens mit einem Sperrrade, wie in Fig. 13 versehen ist, so werden natürlich die Stifte oder Haken der Kette sammt der daran hängenden Last ganz und gar aufhören, sich zu drehen, sobald die Bewegung rückgängig wird und die Rolle durchs Sperrrad festgehalten wird. Ist die Kette eine Scharnierkette, so muß die Rolle Einschnitte haben, und die Kettenglieder haben dann spitzige Zähne oder Haken, um in die genannten Einschnitte eingreifen zu können, Fig. 17.

Durch die Einrichtung Fig. 13 wird die Bewegung, von der wir annehmen wollen, daß sie von A nach B ihre Richtung habe, gehindert, in der entgegengesetzten Richtung fortzuschreiten. Wollte man nun auch im Stande seyn, die Bewegung selbst in der ursprünglichen Richtung AB zu hemmen, so müßte man das Sperrrad umkehren und einen Sperrkegel an der andern Seite des Bügels anbringen, Fig. 18; jedoch müßte man ihn alsdann durch eine Schnur ab, welche über zwei kleine Rollen a und c geschlagen ist (oder einfacher durch einen kleinen Hebel), zugleich auch aus den Zähnen des Sperrrades heben können, wenn die Bewegung wieder beginnen soll. Während der Hemmung wird der Sperrkegel durch eine Feder de zwischen den Zähnen des Rades festgehalten. Diese Einrichtung hat also vor derjenigen von Fig. 13 die Modification, daß bei ihr die Klinke oder der Sperrkegel gehoben und festgesetzt werden muß, während dieses sonst, Fig. 13 von selbst geschieht.

Um bei der Anwendung eines Seiles die Bewegung zu mäßigen, oder ganz zu hemmen, kann man sich der zweckmäßigen Einrichtung bedienen, welche Fig. 19 angegeben ist, sie besteht ganz einfach in der Verlängerung des Rollenbügels und dem Zusatze einer Scheibe A, die sich außer ihrem Mittelpunkte dreht und so viel schwächer als die Scheibe B ist, daß sie in die Kehle dieser letztern eingreift. Hängt nun diese Scheibe so tief herab, daß sie durch den Bügel hin sich vor der Scheibe B nicht vorüberdrehen kann, wenn ein Seil in ihrer Kehle liegt, so werden sich beide Scheiben, wenn dieses Seil in der Richtung c d gezogen wird, in entgegengesetzten Richtungen drehen; und dasselbe wird also, da B nicht weiter kann, zwischen denselben geklemmt werden. Die Bewegung in der Richtung c d ist dann gehemmt, und damit dieselbe wieder eintrete, muß man A mittelst einer Schnur e f heben, welche im Bügel bei g über eine kleine Rolle läuft.

Um auch in der Richtung a b die Bewegung zu hemmen, sollte man durch ein zweites Seil h i die Scheibe A stark gegen die Scheibe B anziehen können, so daß, wenn das Seil h i dann irgend wo befestigt wird, die Bewegung auf diese Weise in beiden Richtungen a b und c d vollkommen gehindert wird.

In §. IV. werden wir sehen, daß diese Scheibe A wie eine Bremse wirkt. Man nennt dieselbe wohl auch eine excentrische oder eine sich außer dem Mittelpunkte drehende Scheibe, aber die Benennung Bremsscheibe würde bezeichnender seyn.

Wenn man die Bremsscheibe sanft gegen das Seil b a c d andrückt, so kann man die Reibung des Seiles zwischen den beiden Scheiben unmerklich bis zu dem Grade steigern, wo die Reibung in Klem-

mung übergeht. Die Bremsscheibe dient auf diese Weise, um die Bewegung, z. B. das Herabsteigen einer Last, zu mäßigen.

B) Beispiele von der Anwendung der beschriebenen Mittel findet man überall, wo Kräfte, sowohl von Menschen, Thieren u. s. w., als von Gewichten u. s. w. in Wirksamkeit sind, um eine Last durch Seilrollen in einer geraden Richtung fortzubewegen; und es können die Lasten natürlich sehr verschieden seyn. Auf diese Weise wird der Rammklotz einer einfachen oder einer zusammengesetzten Rammmaschine durch die Kraft, oder durch die Maschine geradlinig aufwärts bewegt, die das Seil an der andern Seite der Leitscheibe niederwärts zieht. Die Maschinen, die man anwendet, um die ersten Eisengüsse (die dreieckigen oder halbrunden langen Stükken Eisen, die aus dem ersten Schmelzen der Eisenerze gegossen sind) in Stücken zu brechen, bestehen aus einem sehr schweren Gewichte, welches zwischen eisernen Säulen mit Seilen über eine Leitscheibe bewegt wird, und deshalb dieselbe Zusammensetzung, wie der Rammklotz hat. Die Maschinen, die vor alten Zeiten und noch heutiges Tages zuweilen gebraucht werden, um zu münzen, waren oder sind auch, wie der Rammklotz eingerichtet. Die Kugelabrunder, welche in den Geschützgießereien angewendet werden, um die Rundung der gegossenen Kugeln zu verbessern, oder überall gleich zu machen, kommen ebenfalls in der Wirkung mit der Rammmaschine überein, und alle diese einfachen Maschinen können deshalb als Beispiele der Fortpflanzung der geradlinigen Bewegung dienen.

In manchen Werkstätten, wo Gewehrläufe gebohrt werden, läßt man den Lauf L l Fig. 20 regelmäßig fortschreiten, je nachdem die Bohrung dieses erfordert, und zwar mittelst eines Gewichtes G

welches langsam niedersinkt. Der Lauf ist in einen oder zwei Kragen m geklemmt, welche in zwei Falzen sitzen (diese Falze oder Nuthen sind in der Figur nicht angegeben) so daß, wenn diese Kragen in den Falzen sich fortbewegen, der Gewehrlauf zugleich mit bewegt wird und jederzeit in derselben festen Richtung bleibt. Mit dem Lauf, oder lieber mit dem erwähnten Kragen, wird ein Seil oder ein Kettchen in Verbindung gesetzt, welches erst horizontal fortläuft, dann über die Scheibe K geschlagen ist und in der Richtung niederwärts das Gewicht G aufnehmen kann. Da dieses Gewicht unaufhörlich niederwärts strebt, so sucht es auch den Lauf Ll horizontal fortzuziehen, oder drückt ihn, indem es durch den Bohrer AB behindert wird, stark gegen denselben an. Dieser steht in Verbindung mit einem Zahnrade C, welches durch Wind- oder Wasserkraft u. s. w. von andern Rädern eine geschwinde Bewegung empfängt, die der Bohrer also auch besitzt. Auf diese Weise verrichtet er seine Arbeit, die nun von selbst fortgeht, weil der Lauf durch das Gewicht G immer so viel verschoben und gegen die Spitze des Bohrers gedrückt wird, als es die Tiefe der Ausbohrung erfordert. In einigen Bohrwerkstätten wird der Lauf nicht durch ein Gewicht, sondern durch den Arbeiter gegen den Bohrer gedrückt und geschoben, und zwar mit einer Genauigkeit und Fertigkeit, worüber man sich beim Zusehen aufs Höchste verwundern muß.

Das gegebene Beispiel stellt eine rechtwinklige Fortpflanzung der geradlinigen Bewegung dar; denn KG läuft in der Verlängerung senkrecht durch Ll.

5) Zweites Mittel. A) So wie man die geradlinige Bewegung mittelst der Seilrolle fortpflanzen kann, eben so kann hierzu die schiefe Fläche, oder der Keil benutzt werden; denn, wenn ein Körper in der Richtung ab Fig. 21 bewegt werden soll,

so braucht man nur eine schiefe Fläche, oder einen Keil ABC, welcher die Länge CB hat, senkrecht auf die Richtung ab der Bewegung unter denselben zu stellen: die Bewegung des Keiles in der Richtung AB wird dann dem Körper P in der Richtung ab mitgetheilt werden. Man muß natürlich den Körper während der Bewegung leiten, indem man ihn mit einem Stabe verbindet, welcher zwischen Rollen, Falzen, Krampen oder Leitaugen mn läuft; und damit die Reibung auf der schiefen Fläche so wenig wie möglich betrage, mag man den gedachten Stab an seinem Ende mit einer kleinen Rolle r versehen, unter welcher der Keil oder die schiefe Fläche mit sehr wenig Reibung fortgeschoben werden kann u. s. w.

Endlich kann man den Keil oder die schiefe Fläche auch zwischen Falzen oder auf einem dreieckigen Geleise s, t Fig. 21* laufen lassen, damit die Richtung der gegebenen Bewegung stets unverändert bleibe. Wenn man die Größe der Last, welche senkrecht auf die schiefe Fläche wirkt, in zwei Theile zerlegt, welche parallel mit der Richtung AB und senkrecht auf diese Richtung wirken, so kann man sich aus der Theorie der schiefen Fläche leicht überzeugen, daß sich hier die Kraft zur Last verhalten müsse, wie die Höhe AC der schiefen Fläche zu deren Länge CB. Je kleiner also die Höhe CA im Verhältnisse zur Länge BC ist, ein desto größerer Theil der Kraft wird zur Bewegung der Last P erheischt, und desto geringer wird auch der Druck und die Reibung gegen die Augen, Falze oder Leitstücke m und n; aber dem gegenüber steht auch, daß die Geschwindigkeit der Last dann sehr klein seyn müsse, während diejenige der Kraft groß ist.

a) Für verschiedene Richtungen der Bewegung in derselben Ebene oder in parallelen Ebenen kann

die eine Bewegung aus der andern durch das beschriebene Mittel abgeleitet werden; denn so lange die Richtungen AB und ab der gegebenen Bewegungen einen Winkel mit einander machen, so kann man immer auf AB eine schiefe Fläche stellen, deren Länge BC senkrecht auf der Richtung der Bewegung ab steht. Allein wenn die Richtungen keinen Winkel bilden und deshalb parallel laufen, so bedarf man keiner schiefen Fläche, Fig. 22. Ein Stab BAC in der Form eines Winkelhakens wird alsdann, wenn er längs AB fortschreitet, zugleich ab fortschieben, und beide Bewegungen werden alsdann von derselben Größe seyn.

Steht die Richtung ab senkrecht auf der gegebenen Richtung AB Fig. 22*, so muß man zwei Keile, oder zwei schiefe Flächen anwenden, damit die eine EDF, welche durch die andere ABC aufwärts geschoben wird, den Körper P zugleich mit nach oben führt. In dieser Stellung des Körpers P verhält sich die Kraft zur Last, wie die Höhe AC der schiefen Fläche zu deren Basis AB.

Hatte der Körper eine solche Richtung, Fig. 23, daß er nicht auf die schiefe Fläche drücken konnte, sondern vermöge seiner Schwere von dieser Fläche abweichen mußte, so muß man denselben

α) entweder durch eine Feder, oder durch ein Gegengewicht G gegen die schiefe Fläche anzudrükken bemüht seyn;

β) oder in der schiefen Fläche einen Falz de, welcher der Länge derselben parallel läuft, anbringen, in welchem alsdann die Stange oder der Stab ab, welcher an dem Körper befestigt ist, ruht oder hängt. Für diesen Zweck muß die Stange am Ende mit einem Knie versehen werden, ferner mit einem Knopf K, oder einer kleinen Rolle

R Fig. 24, damit das Fortgleiten ohne Stöße oder Rucke erfolge.

So wie die Figuren bezeichnet sind, muß der Körper P, Fig. 21, oder die Last beständig steigen, sobald die schiefe Fläche fortgeschoben wird; müßte dieser Körper dagegen herabsinken oder niedersteigen, so brauchte man die schiefe Fläche nur umzukehren und dieselbe in den Stand ADB zu bringen, wo dann die Last P offenbar niedersteigt, wenn die Fläche ADB von A nach B bewegt und, so zu sagen, unter der Last weggeschoben wird. Es kann jedoch alsdann die Richtung ab nicht senkrecht auf der Länge AD der schiefen Fläche stehen, es müßte denn die Fläche den Stand BAC haben und von B nach A, statt von A nach B verschoben werden. Um den Körper im ersten Falle beständig rechtwinklig zu unterstützen, muß man, wie in Fig. 26, auf die schiefe-Fläche ABD noch einen Keil C setzen, welcher mit den Körpern niedersteigend denselben senkrecht unterstützt.

b) Fig. 25 zeigt die Form der schiefen Fläche oder des Keiles für den Fall, daß die Richtungen der beiden Bewegungen nicht in derselben Ebene liegen. Die Form wird dann im Allgemeinen eine rechtwinklig dreieckige Pyramide Ade, deren Seitenfläche dec, über welche ab bewegt werden muß, senkrecht auf der Richtung ab steht. In dem besondern Falle, daß AB und ab in zwei Ebenen liegen, die einander rechtwinklig schneiden, wird die dreieckige Pyramide ein dreieckiges Prisma oder ein Keil Fig. 25*, wie es der Fall ist, wenn die Richtungen der Bewegung in derselben Ebene, oder in parallelen Ebenen stattfinden müssen.

c) Die abgeleitete Bewegung soll hier aussetzend stattfinden können, während die gegebene Bewegung ununterbrochen ist. Wenn ab z. B. in

Ruhe seyn soll, siehe Fig. 27, während die schiefe Fläche einen Raum cd durchläuft, so braucht der Körper P nur unterstützt zu werden, ohne steigen oder fallen zu können; folglich muß die schiefe Fläche von e bis f eine horizontale Fläche oder vielmehr eine Fläche werden, welche mit AB parallel läuft, so daß die Höhe de des Körpers von e bis f beständig dieselbe bleibt.

d) Die schiefe Fläche kann also eine verschiedene Form haben und aus der Vereinigung vieler schiefen und horizontalen Flächen bestehen. Es entstehen daraus Werkzeuge, Fig. 28 und 29, welche vielen Punkten oder Körpern zugleich verschiedene geradlinige Bewegungen mittheilen können.

e) Die Geschwindigkeiten beider Bewegungen müssen im Allgemeinen ungleich seyn, jedoch übrigens beide von derselben Art, nämlich beide entweder veränderlich, oder stete, unregelmäßig, oder regelmäßig. Wenn deshalb der Raum AB Fig. 21 in 4 Secunden z. B. ganz gleichförmig zurückgelegt wird, so wird der Raum, welchen der Körper B beschreibt, auch ganz gleichförmig durchlaufen werden, d. h. in jeder Secunde ist der durchlaufene Raum genau $= \frac{1}{4}$ vom ganzen Wege des Körpers. Der Grund dieser Regel zwischen den Geschwindigkeiten der beiden Bewegungen liegt in einer Eigenschaft der Dreiecke, oder der Winkel, daß sie nämlich mit ihren Schenkeln proportionale Theile parallel laufender Linien abschneiden. Das größte vertikale Steigen der kleinen Rolle r ist gleich der Höhe ac der schiefen Fläche, und wenn dieselbe in diesem höchsten Stand angelangt ist, so hat die schiefe Fläche den Raum AB oder die Länge der Basis beschrieben; wenn nun die genannte Fläche $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ u. s. w. des Raumes durchläuft, so muß damit überall re = Ad das entsprechende vertikale Steigen der kleinen Rolle anzeigen,

AB : eB = AC : er seyn, oder
AB : $\frac{1}{2}$AB (oder $\frac{1}{3}$AB u. s. w.) = AC : er seyn, und diese Proportion kann nicht bestehen, es müßte denn auch er = Ad = $\frac{1}{2}$AC (oder = $\frac{1}{3}$AC u. s. w.) seyn, d. h. so viel die schiefe Fläche von ihrem ganzen Wege durchläuft, gerade durch einen solchen proportionalen Theil des ganzen vertikalen Steigens, oder Fallens, muß die kleine Rolle r bewegt werden; und hieraus muß wiederum folgen, daß dasselbe stattfindet in der Richtung ab, welche der Körper P eigentlich verfolgt.

Wenn die Richtung ab nicht senkrecht auf AB, wohl aber senkrecht auf BC steht, wie in Fig. 21, so wird sich die Geschwindigkeit der schiefen Fläche oder der Keile zur Geschwindigkeit des Körpers P in der Richtung ab verhalten, wie die Länge BC der schiefen Fläche zu ihrer Höhe AC. Wenn deshalb ABC einen Raum durchläuft = BC, so wird der Körper P einen Weg in der Richtung ab zurücklegen, welcher = AC ist. Steht die Richtung der Bewegung ab senkrecht auf AB, so wie in Fig. 22*, so werden sich die Geschwindigkeiten zu einander verhalten, wie die Basis AB der schiefen Fläche zu ihrer Höhe AC; und diese Geschwindigkeiten werden einander gleich seyn, wenn die Richtungen ab und AB Fig. 22 einander parallel laufen.

Die Aufgabe ist nun noch: nach diesen Grundsätzen, und wenn die Bewegungen regelmäßig sind, die Dimensionen der schiefen Fläche zu bestimmen, welche in einer gegebenen Richtung mit bestimmter Geschwindigkeit bewegt, einem Körper eine Bewegung mittheilt, die in Größe und Richtung ebenfalls bestimmt ist. Dieses enthält keine Schwierigkeit, so-

bald die Richtungen der beiden Bewegungen perpendikulär sind, denn man muß alsdann, wenn man die Geschwindigkeit der gegebenen Bewegung in 1'' durch eine Linie AB Fig. 22* bezeichnet, diese Linie als Basis der schiefen Fläche annehmen und die Höhe AC derselben um so viel größer oder kleiner, als AB setzen, wenn die Geschwindigkeit der abgeleiteten Bewegung größer oder kleiner, als diejenige der gegebenen Bewegung ist. Alsdann wird die Höhe AC der gedachten Geschwindigkeit proportional, und die Einrichtung entspricht der Aufgabe.

Schneiden die Richtungen der Bewegungen einander nicht rechtwinklig, so müssen die Geschwindigkeiten sich zu einander verhalten, wie die Länge der schiefen Fläche zur Höhe derselben. Man kann dann zwar auf der gegebenen Richtung AB Fig. 30 eine schiefe Fläche construiren, deren Länge B und Höhe AC den verlangten Geschwindigkeiten proportional sind, aber wenn man nicht diese schiefe Fläche nach Willkühr stellen kann, so wird im Allgemeinen die Länge BC nicht lothrecht von der Richtung ab geschnitten werden, und alsdann wird die Bewegung in der Richtung ab zwar stattfinden, jedoch die Geschwindigkeit dieser Bewegung wird von der beabsichtigten Geschwindigkeit verschieden seyn.

Um nun in diesem Falle die Bewegung ganz auf die beabsichtigte Weise zu erlangen, muß man eine zweite schiefe Fläche zu Hülfe nehmen und sie mit der ersten auf folgende Weise abmessen: es sey IK Fig. 31 die Größe der Bewegung in der Richtung ab, die abgeleitet werden muß aus einer Bewegung, welche in Größe und Richtung durch die Linie AB dargestellt wird. Man ziehe IF senkrecht auf IK, so ergiebt sich ganz deutlich, daß, wenn man IFG als eine schiefe Fläche betrachtet, der Körper P einen Raum IK durchlaufen muß, wenn die

genannte Fläche niederwärts in der Richtung GIL durch den Raum IL = FK bewegt wird. Man mache dazu auf AB als Basis eine schiefe Fläche von solcher Böschung, daß im Punkte A die Höhe AC = KF ist, d. h. man ziehe AC senkrecht auf AB und = KF, und ziehe alsdann BCC'; wenn man dann endlich der ersten schiefen Fläche die Form HIFED giebt, so daß sie auf A'BC' steht, und die Länge IF senkrecht auf Iab hat, so wird das Verlangte vollbracht seyn; denn wenn A'BC' von A bis B bewegt worden ist, so wird IFE die Höhe FK durchlaufen haben, und das Ende I des Stabes IP wird eben in K angelangt seyn.

Wenn die Richtungen der Bewegung parallel laufen, Fig. 22, und wenn die Geschwindigkeiten nicht gleich seyn können, sondern differiren, so kann man das Verlangte nur durch drei schiefe Flächen erlangen. Man nehme z. B. an, daß Fig. 32 ab vier Theile von gewisser Länge durchlaufen soll, und daß die Bewegung abgeleitet werden soll aus einer andern AB, welche mit einer Geschwindigkeit von 15 Theilen, den eben genannten gleich, stattfindet, und eine parallele Richtung mit ab hat. Man ziehe alsdann KL senkrecht auf ab; irgend wo auch eine Linie DGE parallel mit KL; man nehme die Linie GH durch einen Punkt G senkrecht auf DE gezogen = 4 Theilen und ziehe DH; man setze endlich AC senkrecht auf das Ende von AB; man nehme AC = DG und ziehe BC: so bekommt man eine Verbindung von drei schiefen Ebenen oder Keilen ABC, EFD und IKLM, die einander in lothrechten Richtungen, so wie in Fig. 22* Bewegungen mittheilen, so daß, wenn ABC 15 Theile durchläuft, EFD bis zur Höhe von AC oder DG (= AC) steigt, und IKL eine Bewegung von GH = 4

Theilen mittheilt, die dann zu gleicher Zeit auch durch a b beschrieben werden sollen.

Anmerk. Es ist begreiflich, daß man die verschiedenen schiefen Flächen durch Auskehlungen, Falze oder Leitstücke in der Richtung ihrer Bewegung erhalten muß.

Wenn endlich die Bewegung des Körpers P eine ganz andere Regel oder Gesetz befolgen soll, als die schiefe Fläche in ihrer Richtung A B, so kann man einer solchen Anforderung jederzeit entsprechen, wenn man die schiefe Fläche Fig. 33 nicht geradlinig, wie d B, sondern krummlinig macht, wie d e f g B. Die Richtung a b kann jedoch dann nur in einem einzigen Punkte senkrecht auf der Form dieser krummlinigen oder gebogenen Fläche stehen, d. h. senkrecht auf der ebenen Fläche, welche in dem genannten Punkte die gebogene Oberfläche berührt. Um eins und das andere in diesem Betreff mehr zu erläutern, so nehme man an, daß die Bewegung des Stabes a b, nach der lothrechten Richtung L M gerechnet, so seyn solle, daß derselbe durch die vertikalen Räume g k, f i, e h u. s. w. bewegt werde, während die schiefe Fläche die Entfernungen k P, i B, h B u. s. w. zurücklegt, so wird eine schiefe Fläche, welche zur Länge die krumme Linie d e f g B hat, welche durch die Endpunkte g, f, e u. s. w. der genannten Perpendikel gezogen ist, der aufgestellten Bedingung natürlich entsprechen, während man dabei recht gut einsieht, daß die Bewegung von a b nun nicht mehr regelmäßig seyn könne, weil sonst die mehr erwähnten Perpendikel die Längen k l, i m, h n haben und mit ihren Endpunkten in der geraden Linie d B liegen müßten.

Obgleich man die Geschwindigkeiten der Bewegungen durch das beschriebene Mittel immer nach Willkühr reguliren kann, so muß jedoch bemerkt

werden, daß es für große Extensionen und Geschwindigkeiten der Bewegung nicht das zweckmäßigste ist, auch eben so wenig sich eignet, um Bewegungen auf große Entfernungen fortzupflanzen; verlangt man indessen eine große Genauigkeit der Bewegung, so wird es vor dem ersten Mittel bei weitem den Vorzug verdienen.

f) Die Art und Weise, wie man die abgeleitete Bewegung abbrechen kann, während die ursprüngliche Bewegung fortdauert, Fig. 27, dient zugleich auch, um diese Bewegung nach Willkühr zu hemmen. Und wenn die schiefe Fläche eine solche Abschrägung hat, daß sie im Zustande der Ruhe durch die Gegenwirkung oder den Druck des Körpers P zurückgeschoben werden kann, so giebt es immer Hülfsmittel, wie z. B. Bolzen, Schrauben, Nägel, Haken u. s. w., um diese schiefe Fläche in ihrer Stellung fest zu erhalten.

B) Das beschriebene Mittel wird unter andern angewendet, um sehr schwere Lasten auf eine geringe Höhe zu heben; gewiß ist es Jedermann bekannt, daß man durch Schläge auf den Kopf eines Keiles sehr schwere Körper aufwärts oder seitwärts bewegen und in gewissen Stellungen durch denselben Keil festhalten, oder von andern Körpern trennen kann u. s. w. Die Kraft, welche auf diese Weise ausgeübt wird, ist sehr groß, aber die Bewegung sehr klein. Je nachdem eins von diesen beiden Dingen erfordert wird, kann man nun die schiefe Fläche, oder den Keil sehr vortheilhaft anwenden.

Ein sehr merkwürdiges Beispiel von der Anwendung des beschriebenen Mittels (so eingerichtet wie in Fig. 28 und 22*), um die Bewegung an zwei Seiten rechtwinklig fortzupflanzen, findet man in der Art und Weise, wie das Rüb- und Leinöl in den Oelschlägereien, oder in den Oelmühlen aus

der vorher gequetschten Oelsaat gepreßt wird. Bis auf den heutigen Tag hat man noch nicht gefunden, daß es für das Auspressen der Oelsaat ein besseres Mittel als dasjenige giebt, dessen man sich in den Oelfabriken bedient. Man bringt nämlich die gequetschte und mäßig erwärmte Oelsaat in pferdehaarne Säcke und diese zwischen die vertikalen Platten EE Fig. 34 (die jedoch ein wenig nach vorn geneigt sind), von denen die vordersten FF beweglich sind, und gegen die hinterste gedrückt werden können, so daß durch eine starke Pressung der gefüllten Säcke die flüssigen Theile der Saamenkörner von den festen abgeschieden werden und das Oel liefern.

Die Figur giebt nur den Durchschnitt einer Oellade (so nennt man diese Vorrichtung zum Auspressen des Oeles) und darum sieht man nur zwei der erwähnten Platten; diese Platten werden jedoch zwischen zwei andern, rechtwinklig gegen erstere stehenden Platten bewegt, so daß die Haartücher oder Säcke an allen vier Seiten von Platten umgeben sind, und das Oel kann deshalb allein aus einer kleinen Oeffnung im Boden der Lade in die untergesetzten Gefäße abfließen. Zwischen die vordersten Platten sind verschiedene hölzerne keilförmige Theile gesetzt, z. B. zwei Blöcke A und B, welche die Kissen genannt werden und über dem Boden, auf welchem sie ruhen, beweglich sind; ferner ein umgekehrter Keil D und ein gerade stehender Keil C, geschieden von dem Kissen B und von dem umgekehrten Keil D durch zwei schräg laufende, doch überall gleich dicke Krampen G, welche man die Scheiden heißt. Da alle diese Stücke beweglich sind und nur durch das Ineinanderpassen ein verbundenes Ganzes ausmachen, so läßt sich leicht begreifen, daß, sobald der Keil C durch die Schläge eines Rammklotzes H niedergetrieben wird, die Scheiden G seit-

wärts weichen und den umgekehrten Keil sammt den Kissen und Platten F forttreiben müssen, die dadurch näher an die hintersten Platten kommen, die Haartücher zusammendrücken und das Oel auspressen.

Die senkrechte Bewegung des Rammklotzes H erzeugt also zu beiden Seiten eine Bewegung der Platten in einer rechtwinkligen Richtung, während aus der Betrachtung des Keiles bekannt ist, welcher starke Druck mit dieser Bewegung verbunden seyn kann.

Sobald der zweite Rammklotz H, welcher während der Wirkung des ersten emporgehalten ist, auf den umgekehrten Keil niederfällt, wird letzterer niedergetrieben, lös't die Scheiden G und schiebt die Kissen mit den vordersten Platten zurück. Diese Bewegung ist also der erstern ähnlich, findet jedoch in einer entgegengesetzten Richtung statt.

Man kann das beschriebene Mittel auch benutzen, um kleine Linien sehr genau in eine Zahl gleicher Theile zu theilen. Es sey z. B. I G Fig. 35 ein niederländischer Zollstab, von welchem jede Palm in 10 Zolle getheilt ist. Um nun jeden Zoll genau durch 10 Einschnitte in 10 gleich große Theile (Linien) zu theilen, so nehme man eine schiefe Fläche ABC, deren Länge BC sich zur Höhe AC, wie 10 zu 1 verhält. Man lege diese schiefe Fläche auf einen Stab ST in der Extension einer Palm, welche genau in 10 Zolle getheilt ist. Man lasse diese schiefe Fläche in einem genauen Falz laufen, damit die Richtung ihrer Bewegung immer dieselbe bleibe, und es kann diese Bewegung mitgetheilt werden durch die Umdrehung einer Schraube F, welche durch die feste Schraubenmutter E läuft und mit einem Hals und Kragen bei L mit der schiefen Fläche verbunden ist. Hernach stelle man auf die Tafel, über welche die schiefe Fläche geschoben wird, einen genau rechtwinkligen Stab HK senkrecht ge-

gen die Länge BC der schiefen Fläche gerichtet und in einem genauen Falz, d. h. zwischen zwei festen Leitstücken ab und cd beweglich, und klemme den Zollstab IK an einem dieser Leitstücke fest.

Da nun BC : AC = 10 : 1 gemacht ist, so wird die Bewegung des Stabes HK nur = $\frac{1}{10}$ der Bewegung der Basis AB seyn; wenn man deshalb die schiefe Fläche gerade um 1 Zoll fortschraubt, so wird der Stab GH nur um 1 Linie fortrücken. Die Bewegung von 1 Zoll kann mit der größten Genauigkeit ausgeführt werden; denn zieht man irgendwo auf der schiefen Fläche ABC einen Einschnitt ik, so kann man genau sehen, wenn dieser Einschnitt mit einem Zolltheilstrich auf dem Stabe ST völlig übereinstimmt. Ein Einschnitt ef auf dem Stabe GH wird dann durch eine Zollbewegung von AB gerade um eine Linie von g nach h fortrücken, und man kann also auf dem Zollstabe Linien oder Einschnitte ziehen, die jedesmal mit dem Einschnitt ef übereinstimmen oder vielmehr in der Verlängerung von ef liegen, und also einen Abstand von einer Linie haben müssen.

Bei Kunstdrehbänken kann man obiges Mittel auch vortheilhaft anwenden, um den Drehstählen sehr kleine und regelmäßige Bewegungen zu geben; doch das oben Stehende ist hinlänglich zur Erläuterung des Gesagten und um den Weg anzuzeigen, den man einzuschlagen hat, wenn man Anwendung davon machen will, weshalb fernere Beschreibungen solcher Anwendungen hier wegen des Reichthumes der Stoffe weggelassen werden müssen.

6) Drittes Mittel. Durch eine sinnreiche, jedoch weniger anwendbare Verbindung von Stangen kann man die geradlinige Bewegung auf folgende Weise rechtwinklig fortpflanzen: Eine Stange AC dreht sich um einen Mittelpunkt A Fig. 36;

eine andere Stange BD, noch einmal so lang als AC ist in ihrer Mitte C mit der Stange AC durch ein Scharnier, oder durch einen Bolzen verbunden (in welchem Falle das Ende C von AC in eine Gabel sich endigt), so daß bei C auch ein Drehungspunkt für die Stange BD vorhanden ist. Wenn man nun das Ende B mit einem Stift in einer Auskehlung oder einem Falz AB sich bewegen läßt, so wird das Ende D genöthigt werden, die Linie AD, welche lothrecht auf AB steht, zu beschreiben. Dieses geschieht jedoch nicht mit derselben Geschwindigkeit, mit welcher das Ende B bewegt wird.

Dieses Mittel gehört zu den besondern Mitteln, da man durch dasselbe die Bewegung nicht in allerhand Richtungen mit verschiedenen Geschwindigkeiten fortpflanzen kann. Man kann jedoch die Scharnierverbindungen vervielfältigen und so die Bewegung auf mehr als eine Weise mit Winkeln von 90°, 180°, 270° u. s. w. fortpflanzen. Indem man z. B. mit dem Ende D Fig. 37 wieder eine Stange DE verbindet, eben so lang als BDE, und in ihrer Mitte ebenfalls um ein Gelenk oder Gewerbe G beweglich, kann man durch die Bewegung AB eine gleichförmige Bewegung AE hervorbringen, die jedoch gerade in einer entgegengesetzten Richtung stattfindet.

Bei einer abwechselnden, geradlinigen Bewegung kann dieses Mittel besser angewendet werden, als bei der anhaltenden geradlinigen Bewegung. Dasselbe kann indessen auch angewendet werden, wo durch eine horizontale Bewegung AB eine eben so große Bewegung AD nach oben erzeugt werden soll, denn es kann der Fall eintreten, daß dieses durch Seile und Rollen, oder durch schiefe Flächen schwierig zu bewirken ist.

Unter die besondern Mittel, die geradlinige Bewegung fortzupflanzen, muß man auch dasjenige

rechnen, wo der zu bewegende Körper durch Stäbe oder Stangen mit dem ursprünglich bewegten Körper verbunden ist, so daß alsdann nur eine feste Zusammensetzung besteht, die sich jedoch nur dann benutzen läßt, wenn die verlangte Bewegung

a) eben so groß seyn soll, als die gegebene Bewegung;

2) wenn die Richtungen der Bewegung parallel laufen, oder wenigstens nach derselben Seite gerichtet sind. Denn aus Fig. 38 ist ersichtlich, daß der Parallelismus nicht absolut nothwendig ist, da der längs AB bewegte Körper eine Bewegung längs ab verursachen kann, indem man den Stab CD, welcher mit AB verbunden ist, nicht an den Körper P befestigt, sondern ihn in einer Spur oder in einem Falz ba durch die Bewegung von CD längs der verlangten Richtung ab fortschiebt.

7) Viertes Mittel. Man kann jederzeit die geradlinige Bewegung in eine andere geradlinige Bewegung von verschiedener Geschwindigkeit und Richtung fortpflanzen, indem man dieselbe erst (nach den in §. II. angegebenen Mitteln) in eine kreisförmige Bewegung umwandelt und alsdann wiederum (nach §. III.) in eine andere geradlinige Bewegung.

So kann man durch einen Hebel mit Kreisbogenstücken an den Enden seiner Arme eine nicht sehr ausgebreitete geradlinige Bewegung AB Fig. 39 immer in eine andere nicht sehr ausgebreitete geradlinige Bewegung ab umwandeln, die in Geschwindigkeit und Richtung von der erstern verschieden ist. Diese Art der Fortpflanzung der Bewegung ist mit der ersten Fig. 1 und den folgenden verwandt, zu welchen man sich statt der Hebel der Rollen bedient, die sich um ihre Nägel drehen.

Kann man für den Zweck, die geradlinige Bewegung fortzupflanzen, noch Räderwerk dazwischen

bringen, so ist man immer im Stande, die Bewegung nach Willkühr zu modificiren, fortzupflanzen u. s. w., weil dieses durch die verschiedenen Arten und Dimensionen der Räder, oder durch längere oder kürzere Wellen immer möglich ist.

Wenn die Drucke, die fortgepflanzt werden sollen, nicht groß sind, so kann man, wenn mit einem breiten Stab AB Fig. 40 gegen eine Scheibe C gedrückt wird, die Scheibe in Umdrehung versetzen, und auf diese Weise durch einen Haspel den Körper P, oder auch durch einen andern geraden Stab ab, welcher ebenfalls gegen die Scheibe C angedrückt wird, einen Körper Q geradlinig bewegen.

Aber genauer und mit größerer Kraft kann die Bewegung fortgepflanzt werden, indem man eine gezahnte Stange mit einem Getriebe, siehe Fig. 41 und 42, anwendet, welche Figuren nur dazu dienen, das so eben Gesagte zu erläutern und darzuthun, wie, bei Anwendung von zwei Zahnstangen, die eine durch die andere durch Vermittlung eines Getriebes in entgegengesetzten Richtungen bewegt werden kann, je nachdem man das Rad an dieser oder an jener Seite der gezahnten Stange, oder letztere an die eine, oder an die andere Seite des Rades bringt. Die Geschwindigkeiten und die verschiedenen Richtungen der Bewegung hängen hier allein ab von der Größe und von der Stellung der Räder, die man außer dem Getriebe noch anwendet; um in dieser Hinsicht alles gut reguliren zu können, werden die Grundsätze des §. IV. genügende Auskunft geben.

Ketten, die eben so, wie gezahnte Stangen, sich in die Zähne oder in die Stifte am Umfang eines Rades einhängen, gestatten, auf eine ähnliche Weise die Bewegung fortzupflanzen, jedoch müssen sie sich meistentheils in einer vertikalen Stellung befinden.

Um die Bewegung, welche durch eine gezahnte Stange fortgepflanzt werden soll, aussetzend stattfinden zu lassen, muß die gezahnte Stange Fig. 43 auf die Strecke cd, die sie zu durchlaufen hat, während das Rad oder das Getriebe stille steht, keine Zähne haben, denn alsdann geht die gezahnte Stange vor den Zähnen des Rades vorüber, ohne in dieselben einzugreifen. Wendet man zwei oder mehrere Räder an, um die Bewegung fortzupflanzen, so kann man die Zeiten, in welchen die genannten Intermissionen stattfinden, auf vielerlei Weise variiren, wie aus dem Inhalte des §. IV. noch anschaulicher werden wird.

Um die Bewegung einer gezahnten Stange, oder einer Stange zu hemmen, kann man dieselbe, s. Fig. 44, mit solchen Zähnen versehen, wie man sie den Sperrrädern giebt. In diese Zähne der Stange hg kann man einen Sperrkegel oder eine Klinke ik legen, sobald die Bewegung, welche, wie wir annehmen, in der Richtung hg stattfindet, gehemmt werden soll.

Soll die Bewegung blos in einer entgegengesetzten Richtung gestattet seyn, so kann man dazu eine ähnliche gezahnte Stange, die man eine S p e r r-s t a n g e nennen könnte, anwenden. Der Sperrkegel braucht in diesem Falle nicht gehoben und niedergelassen zu werden, da er entweder durch seine Schwere, oder durch den Druck einer Feder von einem Zahn auf den andern fällt. Auf eine sehr sinnreiche Weise kann man die Bewegung noch auf die Weise in der entgegengesetzten Richtung hemmen, daß man die Stange AB Fig. 45 zwischen zwei Kreistheilen bewegt, die außer ihren Mittelpunkten liegend, um die Punkte M und N sich drehen können. Die krummen Theile ab dieser B r e m s-s t ü c k e sind dann Kreisbogen, zwar nicht aus den

Drehungspunkten M und N, sondern aus zwei andern Punkten c beschrieben. So lange die Stange von B nach A bewegt wird, kann offenbar die Bewegung durch die Stücke M und N nicht im Geringsten behindert werden; aber bei dem Rückgange oder der Zurückkehr der Stange AB sind M und N genöthigt, sich in den Richtungen von b nach a zu drehen, und da die Abstände der Punkte M und N von den Seiten der Stange kleiner sind, als die Abstände Md, Nd des Punktes M und N von den Berührungspunkten d, so können die genannten Stücke nicht vor der Stange vorüberbewegt werden, sondern die Stange, welche dieses zu thun strebt, wird dadurch zwischen dieselben Stücke geklemmt und in ihrem Streben nach Bewegung aufgehalten. Diese Stücken sind also eigentliche Bremsen, welche mit der Bremse Fig. 19 übereinstimmen, die auch durch einen stärkern oder schwächern Druck gegen die Stange AB benutzt werden können, um, wenn die Stange zurückgehen soll, ihre Bewegung zu mäßigen.

8) Zu den Mitteln, die Bewegung geradlinig fortzupflanzen, oder stattfinden zu lassen, kann man auch die Bewegung eines gewissen Körpers rechnen, welcher parallel zu einer gewissen Linie, oder parallel mit sich selbst, sich bewegt. Hierzu giebt es viele Mittel: so wird z. B. jeder Körper, welcher zwischen zwei sauber gearbeiteten Falzen, oder zwischen gleichweit von einander angebrachten Rollen bewegt wird, sich selbst parallel bleiben. In der vorhergehenden Abtheilung haben wir gesehen, wie der Haspelwagen parallel fortbewegt wurde, indem seine Räder in eisernen Rinnen oder Geleisen blieben. Wenn man die Räder eines Wagens mit Zähnen versieht, und dieselben auf gezahnten Stangen fortrollen läßt, so bekommt man noch eine genauere parallele Bewegung u. s. w.

Das Werkzeug Fig. 46, dessen man sich zum Ziehen der Parallellinien bedient, und zwar durch Verschiebung des Lineales CD, welches durch zwei parallele Scharnierstäbchen ab und cd mit dem Lineale AB verbunden ist, wird zur Genüge bekannt seyn, so daß wir uns darüber nicht zu verbreiten brauchen. Man kann dasselbe auf verschiedene Weise einrichten, jedoch bleibt das Hauptaugenmerk immer darauf gerichtet, daß das eine Lineal CD immer parallel zum andern AB bewegt werde. Diese Bewegung findet jedoch so statt, daß die Enden C und D nicht in senkrechten Linien auf AB, sondern in Kreisbogen bewegt werden, welche ab = cd zum Halbmesser haben. Diese und dergleichen Werkzeuge, deren man sich beim Zeichnen zum Ziehen der Parallellinien bedient, sind sehr mangelhaft, aber sie können im Großen wenn es allein auf die parallele Richtung, und keineswegs auf die Extension der Bewegung ankommt, mit Nutzen angewendet werden, wovon im letzten Capitel dieser Abtheilung ein Beispiel gegeben werden soll.

Der Wagen einer Grob- oder Feinspinnmühle wird auf eine sehr genaue Weise sich selbst parallel bewegt. Dergleichen Mühlen hier zu beschreiben, würde weniger zweckmäßig seyn; man mag indessen mit der Einrichtung derselben bekannt oder nicht bekannt seyn, so kann der Parallelismus der Bewegung des genannten Wagens auch an und für sich verstanden werden. Es läuft dabei hauptsächlich auf Folgendes hinaus: man denke sich den Boden eines Wagens, der eine Länge von 4 und mehr Ellen haben kann, und auf 4 oder 6 Rädern 1, 2, 3, 4, 5, 6 Fig. 47 ruht, deren Felgenkranz ausgekehlt ist, um auf dreieckigen eisernen Geleisen AB, CD, GH spuren zu können. Obschon auf diese Weise die Bewegung recht gut parallel bleiben kann, so ist doch die Er-

füllung dieser Bedingung nicht im größtmöglichsten Grade zu erwarten, da der Wagen jedesmal einen Raum von 1 bis 1,4 Ellen hin- und herlaufen muß und durch den Spielraum der Axen in den Naben der Räder leicht hie und da ein wenig von seiner Richtung abweichen kann. Deshalb bringt man unter dem Wagen zwei horizontale Scheiben E und F an, welche beinahe längs den Seiten des Wagens laufen; über diese Scheiben sind zwei Seile geschlagen, die unter der Mitte des Wagens bei e einander kreuzen; sie sind bei A und D, ferner bei B und bei C an Haken befestigt, nachdem sie zuvor stark angezogen sind, und können noch durch Schrauben, so oft es erforderlich ist, gespannt werden. Die Richtung dieser Seile ist A b c d D, e f g h C, so daß sie die eine Scheibe oben, und die andere unten umgeben. Hat man nun die Seile völlig von derselben Länge genommen, und werden die Scheiben E und F gerade durch die Richtungen dieser Seile tangirt, so verhindern sie dadurch, daß die Bewegung des Wagens von dem erforderlichen Parallelismus abweiche.

§. II.

Angabe der Mittel, die geradlinige Bewegung in eine kreisförmige umzuwandeln.

9) Erstes Mittel. A) Jede Rolle oder Scheibe AB Fig. 48 bekommt eine kreisförmige Bewegung, wenn man ein Seil, welches um diese Werkzeuge geschlagen ist, gerade aus in der Richtung a b anzieht. Diese kreisförmige Bewegung kann nun, wenn sie einmal besteht, durch die Mittel, welche in §. IV. an die Hand gegeben werden sollen, in andere Bewegungen umgewandelt werden. Hieraus ergiebt sich deshalb, daß im ersten Mittel

des vorhergehenden §. auch eine ganze oder theilweise umdrehende Bewegung besteht, durch deren Zwischenkunft die geradlinige Bewegung in eine andere geradlinige Bewegung verändert wird.

a) Wenn die beiden Bewegungen entweder in derselben, oder in verschiedenen Ebenen liegen, so wird die Fortpflanzung niemals die geringste Schwierigkeit darbieten, auch nicht, wenn die Fortpflanzung in allerhand Entfernungen und in allerhand Richtungen stattfinden soll, da man, um die geradlinige Bewegung von dem Punkte, wo sie entsteht, nach dem Umfange der Welle oder der Scheibe zu leiten, Gebrauch machen kann von Leitscheiben und von allen den Einrichtungen, die oben §. I. Art. 4 an die Hand gegeben sind. Es muß aber bemerkt werden, daß es noch ein einfacheres Mittel giebt, die abgeleitete Bewegung in einer entgegengesetzten Richtung stattfinden zu lassen, als in §. I. erstes Mittel angegeben worden ist, denn man braucht das Seil, den Riemen oder die Schnur für diesen Zweck nur über die andere Seite der Welle oder der Scheibe zu schlagen.

b) Die Geschwindigkeit der abgeleiteten kreisförmigen Bewegung ist vollkommen dieselbe, wie diejenige der ursprünglichen geradlinigen Bewegung. Um den Körpern, die sich im Kreise drehen sollen, andere Geschwindigkeiten mitzutheilen, muß man dieselben entfernter oder näher an die Welle bringen, die sich umdreht, oder bewegliche Seilrollen anwenden, oder wie in §. IV. angegeben werden soll, die erste kreisförmige Bewegung in eine andere umwandeln, welche die verlangte Geschwindigkeit besitzt, indem man z. B. Räderwerk an der Welle aufzieht, welche unmittelbar in Umdrehung gesetzt wird. Mit Kegelrädern kann man auch die Bewegung in verschiedenen Ebenen stattfinden lassen.

c) Ein Sperrrad an der Welle oder an der Rolle ist ein sehr zweckmäßiges Mittel, die Bewegung auf einmal zu hemmen, oder um zu verhindern, daß sie in einer entgegengesetzten Richtung stattfinde, sobald die Kraft, welche das Seil geradlinig fortzieht, zu wirken aufhört. Man kann auf gleiche Weise von verschiedenen Arten der Bremsen, deren Beschreibung ebenfalls in §. IV. einen bessern Platz findet, als hier, Gebrauch machen.

Fig. 49 stellt dar, wie verschiedene geradlinige Bewegungen von gleichen Geschwindigkeiten dieselbe kreisförmige Bewegung hervorbringen können.

B) In den Uhrwerken, welche durch Gewichte in Bewegung gesetzt werden, hat man ein Beispiel von der fraglichen Mittheilung der Bewegung; die Last der Gewichte, welche durch ihre Schwere niedersteigen, setzt die Trommeln, um welche die Seile gewunden sind, in Umdrehung und dadurch auch zugleich die verschiedenen Räder. Ein Gewicht, welches durch seine Schwere niedersteigt, bekommt, wie aus der ersten Abtheilung des ersten Theiles bekannt ist, eine beschleunigte Bewegung; soll nun diese beschleunigte Bewegung regelmäßig oder gleichförmig seyn, so muß man besondere Mittel anwenden, worüber im folgenden Theile bei der Betrachtung der Bewegkraft niedersteigender Gewichte ein Wort gesagt werden soll.

Wenn man durch Menschenkräfte einem Werkzeuge Bewegung mittheilen will, so kann man sich dazu häufig mit Nutzen einer Strickleiter ohne Ende Fig. 50 bedienen, welche in einer schrägen Richtung über zwei Sätze von Scheiben A und B, oder über Speichenräder läuft. Wenn diese Leiter um die erwähnten Scheiben stark gespannt ist, so wird ein Arbeiter, welcher die Leiter hinaufsteigt, oder die Sprossen mit den Füßen tritt, dieselbe natürlich geradlinig sich fortbewegen lassen und den Wellen der Scheiben

A und B eine kreisförmige Bewegung mittheilen, die man für den Zweck noch weiter nutzbar machen kann. (Siehe hierüber den dritten Theil.)

10) Zweites Mittel. A) Eine gezahnte Stange kann, wenn sie auf ein Getriebe wirkt, durch ihre fortschreitende Bewegung eine Welle in Umdrehung versetzen. Dieses kann durch Vermittelung mehrerer Zahnräder und Wellen in allen Richtungen, mit allen gleichförmigen Geschwindigkeiten auf alle Entfernungen und in verschiedenen Ebenen geschehen, wovon man sich leicht wird einen Begriff machen können. Was diesen Punkt anlangt, so verweisen wir übrigens auf die §. IV. angegebenen Mittel.

Wenn ein flacher Stab an eine platte Scheibe angedrückt wird, so wird das Fortschieben des Stabes die Umdrehung der Scheibe und ihrer Welle zur Folge haben, jedoch kann dieses Mittel nur benutzt werden und von einiger Dauer seyn, wenn die zu überwindende Last gering ist.

Eine Scharnierkette mit Haken Fig. 51, oder eine gewöhnliche Kette Fig. 52, oder eine Kette mit viereckigen Gelenken Fig. 53 und 16 kann auf dieselbe Weise, indem sie während der Fortbewegung in die Zähne oder Stifte einer Scheibe eingreift, eben dieser Scheibe und ihrer Welle eine kreisförmige Bewegung mittheilen. Diese Ketten können zwei Enden haben, um Bewegungen von geringer Extension und Dauer zu erzeugen, oder auch ganz ohne Ende seyn, wie Fig. 50 und 51, um eine anhaltende Bewegung der Scheibe oder der umzudrehenden Welle zuwege zu bringen. Ein Seil oder Riemen mit Knoten oder Augen kann die Kette häufig ersetzen. Ketten sind übrigens wegen ihrer geringern Dehnbarkeit tauglicher, als Seile oder Riemen, um eine regelmäßige kreisförmige Bewegung zu unterhalten. Für schräge und horizontale

Richtungen der geradlinigen Bewegungen können Ketten eben so gut, als gezahnte Stangen angewendet werden, sobald man dieselben stark gespannt hält und bei einem sehr schrägen oder horizontalen Stand nicht unten, sondern oben über die Scheiben mit Zähnen oder Stiften laufen läßt, damit sie durch ihre Schwere dann immer mit den Scheiben in Berührung sind und nicht abweichen.

Was den Gebrauch von Ketten anlangt, um die Bewegung auf eine Scheibe, oder auf ein Rad fortzupflanzen, so muß noch bemerkt werden, daß es vortheilhaft ist, ihre Glieder kurz und klein zu nehmen. Es müssen dann auch mehr Stifte oder Zähne, als bei dem Gebrauche langer Kettenglieder in die Scheibe gemacht werden; aber man bewirkt dadurch, daß immer zwei oder mehr Zähne und Stifte der Scheibe in die Kettenglieder sich einsetzen. Dadurch wird alsdann, wie es auch bei Zahnrädern der Fall ist, die Bewegung sanft und regelmäßig mitgetheilt. Bei Anwendung der gezahnten Stange, oder einer Kette Fig. 51 ist man im Stande, die Bewegung der Scheiben mit Intermissionen stattfinden zu lassen, indem man der gezahnten Stange und der Kette auf diejenige Strecke, wo die Wirkung unterbrochen seyn soll, keine Zähne giebt, so daß sie dann ohne Berührung oder Eingriff an den Rädern vorübergehen. Die Räder oder Scheiben müssen dann vor Allem mit Sperrrädern versehen, oder mit einer andern Sicherung ausgestattet werden, um während dieser Ruhe von der Last nicht zurückgedreht zu werden.

B) Ein Beispiel der Art und Weise, ein Rad durch die Fortbewegung einer Kette ohne Ende umzudrehen, hat man am Krahn, welcher in der vorhergehenden Abtheilung Art. 89 beschrieben ist. An diesem Krahn hat jedoch das Rad keine Haken, und

die Kette ohne Ende hängt nur lose auf dem Rade, weil die Bewegung der gezahnten Stange des Krahnes, welche durch das genannte Rad fortbewegt werden muß, wenig Widerstand darbietet. Die Haspel der Packhöfe u. s. w. werden meistentheils auf eine ähnliche Weise in Bewegung gesetzt; man gebraucht dann statt einer Kette ein über zwei Scheiben gespanntes Seil, oder ein Seil mit Knoten, welche jedesmal in die Einschnitte oder Vertiefungen sich setzen, die auf dem Umfang einer Scheibe oder einer Trommel angebracht sind.

11) Drittes Mittel. Als ein besonderes Mittel kann man hier anführen die kreisförmige Bewegung der Räder von Fuhrwerk, das durch Menschen oder Thiere, welche geradeaus gehen, fortgezogen wird. Sobald die kreisförmige Bewegung der Räder stattfindet, kann man aus dieser andere Bewegungen ableiten, die innerhalb des Fuhrwerkes vor sich gehen müssen. Die fruchtbarsten Anwendungen hiervon findet man in den Werkzeugen der Landbauer, z. B. in den Säemaschinen u. s. w. Die einfachsten dieser Art sind gewiß diejenigen, deren man sich jetzt bedient, um den Kohlsaamen in Reihen zu säen. Der Saame wird nämlich in einen hohlen blechernen Cylinder A B Fig. 54 gethan, welcher auf eine gleichförmige Weise mit Löchern versehen ist. Sobald man diesen Cylinder oder Büchse in die horizontale Lage bringt, so wird der Saame bewegt und die Körner fallen durch die genannten Löcher. Damit dieses nun auf eine einfache und behende Weise geschehe, ist die Büchse in der Mitte von einer blechernen Scheibe C umgeben. An der Welle des Cylinders sind zwei Handbäume D angebracht, die der Arbeiter ergreift, um dieses Werkzeug wie einen Schubkarren über das Land fahren zu können. Er bewirkt alsdann durch das

Fortschreiten, daß dicht am Boden gerade da, wo der Saamen hinkommen muß, eine umdrehende Bewegung der Büchse u. s. w. stattfindet. Der Raum gestattet hier nicht, noch von andern landwirthschaftlichen Werkzeugen zu sprechen, in welchen derselbe Grundsatz angewendet ist, jedoch dürfte die Bemerkung nicht überflüssig seyn, daß diese Werkzeuge wegen der Zweckmäßigkeit ihrer Zusammensetzung, oder wegen der Einfachheit und der Kürze, in welcher der beabsichtigte Zweck mit ihnen erreicht wird, in jeder Hinsicht der Aufmerksamkeit des Mechanikers würdig sind.

§. III.

Angabe der Mittel, um die geradlinige Bewegung aus der kreisförmigen Bewegung abzuleiten u. s. w.

12) Mittel des vorigen §. A) Die Umwandlung der kreisförmigen Bewegung in geradlinige Bewegung ist das Entgegengesetzte von der Umwandlung der geradlinigen Bewegung in die kreisförmige. Obschon nun nicht immer dieselben Mittel, welche bei der Umwandlung einer Bewegung P in eine andere Q angewendet worden sind, auch benutzt werden können, um umgekehrt die Bewegung P aus Q abzuleiten (wie sich in Art. 13 ergeben wird), so ist dieses jedoch hier der Fall. Die in §. II. erklärten Mittel können deshalb auch umgekehrt angewendet werden, die kreisförmige Bewegung in eine geradlinige Bewegung umzuwandeln. Nach dem, was wir bereits abgehandelt haben, wird es unnöthig seyn, anzugeben, wie durch diese Mittel, verbunden mit denen des §. I., das eine und das andere für den gegenwärtigen Zweck eingerichtet werden müsse, um die Bewegung mit verschiedenen Geschwindigkeiten oder aussetzend u. s. w.

fortzupflanzen. Weil aber der gegenwärtige Fall viel mehr vorkommt, als der vorhergehende, so sollen der Erläuterung halber von demselben einige besondere Beispiele gegeben werden.

B) Jeder Haspel, welcher durch ein Seil oder eine Kette eine Last hebt, trägt die kreisförmige Bewegung in eine geradlinige über; man hat also diese Umwandlung der Bewegung in allen Maschinen nöthig, die aus der Verbindung von Haspeln mit Haspeln, oder mit Seilrollen bestehen; man begreift auch hierdurch, warum es mehr vorkommt, die geradlinige Bewegung aus einer kreisförmigen, als aus einer andern geradlinigen Bewegung abzuleiten, weil man nämlich bei der kreisförmigen Bewegung auf eine bequemere und compendiösere Weise die bewegende Kraft mit der Maschine in Verbindung setzen kann, oder weil man bessere Gelegenheit hat, die Bewegung eines Theiles der Maschine aus derjenigen eines andern Theiles abzuleiten; auch sind die kreisförmigen Bewegungen unter allen Arten der Bewegung die vollkommensten und müssen immer so viel wie möglich gesucht werden. (Weiter unten werden wir uns weitläuftiger über diesen Gegenstand verbreiten.)

Man kann auf diese Weise die geradlinige Bewegung des Seiles eines Rammklotzes aus einer kreisförmigen Bewegung ableiten, wo der Fall eintreten sollte, daß durch wenig Kraft und ohne Rücksicht auf die Zeit zu nehmen, eine anhaltende Arbeit zu verrichten ist; denn man braucht alsdann das Seil nur um einen Haspel, der unten am Fuße des Rammklotzes aufgestellt wird, zu schlagen und diesen Haspel durch zwei Kurbeln mit oder ohne Vermittelung von Räderwerk umzudrehen. Wenn der Rammklotz gehoben ist, braucht man nur den Sperrkegel des Sperrrades auszuheben und den Haspel

sich selbst zu überlassen. Dasselbe wird jedoch alsdann durch das Niederfallen des Rammklotzes sehr geschwind umgedreht, und diese heftige Bewegung muß für das Werkzeug nachtheilig seyn, wenn der Rammklotz sehr schwer und die Fallhöhe groß sind.

Deshalb ist man auf den Gedanken gekommen, den Rammklotz A Fig. 55 durch eine Scheere C zu heben, deren Schenkel nicht geradlinig sind, wie a d und b c und kreuzweis über einander liegen, aber die Gestalt haben, welche bei G besonders dargestellt ist.

An den oberen Enden dieser Scheere sitzen zwei schwere Rollen a und b, welche durch ihre Schwere beständig streben, die Scheere zuzudrücken. Die unteren Enden sind mit zwei Haken c und d versehen, und die ganze Vorrichtung dreht sich um einen Bolzen, welcher queer durch ein leichtes Laufstück D geschlagen ist. Die Scheere selbst sitzt auch in einem Einschnitte des Laufstückes D, welches unmittelbar mit dem Seile in Verbindung steht. Der Rammklotz A ist mit einem Oehr B versehen, in welchem das Seil befestigt wird.

Angenommen nun, daß das Laufstück D niedergehe, so wird die Scheere, welche geschlossen ist, nachdem sie bei B angelangt ist, auf das Oehr B stoßen; die Schenkel werden dadurch geöffnet und passiren folglich am obern Theile des Oehres vorüber, schließen sich jedoch wieder, sobald sie Gelegenheit haben, das Oehr zu ergreifen. Wenn nun der Haspel umgedreht wird, so wird das Laufstück D mit dem an der Scheere hängenden Rammklotz A gehoben werden, bis an E, wo sich zwei schräg abgerundete Klammern befinden, gegen welche die Rollen a und b der Scheere anstoßen. Dadurch werden die Schenkel der Scheere nothwendig von einander entfernt, die Scheere öffnet sich, und der Ramm-

klotz fällt. Das Laufstück D folgt unmittelbar, sobald man den Sperrkegel des Sperrrades des Haspels, oder des Zahnrades, welches vielleicht auf der Haspelwelle aufgezogen ist, gelös't hat; und da das Laufstück D im Verhältnisse zum Widerstande, den der Haspel entgegensetzt, nicht sehr schwer ist, so erfolgt das Zurücklaufen des Haspels mit keinen heftigen Stößen.

Bei Rammmaschinen, welche durch Pferdekraft in Bewegung gesetzt werden, hat man ein ganz vorzügliches Beispiel der Umwandlung der kreisförmigen Bewegung in eine geradlinige. Da diese Abtheilung nicht ausschließlich der Beschreibung von Maschinen gewidmet werden kann, so können wir gegenwärtig uns nicht ausführlicher über die Einrichtung der Rammmaschinen verbreiten.

In der Art und Weise, wie man den schwimmenden Theil der Floßbrücken vorwärts und rückwärts zu bewegen pflegt, findet man auch ein nicht uninteressantes Beispiel der fraglichen Umwandlung der Bewegung. Bei den Floßbrücken ist der schwimmende Theil, der den Uebergang über einen breiten Canal gewährt, in drei Theile getheilt; die zwei äußersten sind mit den Ufern verbunden und liegen zwischen Pfahlwerk über dem Wasser; der mittlere Theil liegt auf dem Wasser und schwimmt. Damit nun Schiffe durchfahren können, zieht man den schwimmenden Theil, oder die schwimmenden Theile AB Fig. 56 (aus mehreren Theilen besteht dieser mittlere schwimmende, wenn die Breite des Canales so groß ist, daß sich eine solche Vermehrung nöthig macht) auf dem Wasser zurück unter die feststehenden Theile CD, die vom Wasser weit genug abstehen, so daß die Schiffe ungehindert vorüberfahren können (die Figur stellt nur die Hälfte einer solchen Brücke dar, und auch nur den Umriß derjenigen

Theile, welche das Wesentliche der ganzen Zusammensetzung ausmachen). Wenn der Uebergang wieder hergestellt werden soll, so müssen die schwimmenden Theile wieder unter den festen Theilen vorgezogen werden. Diese zwei geradlinigen Bewegungen, die in entgegengesetzten Richtungen stattfinden müssen, werden durch die Umdrehung von zwei Haspeln F an jeder Seite der Brücke zuwege gebracht; denn das Seil, welches über den einen Haspel bis an das Ende G des schwimmenden Theiles läuft (manchmal wird es auf halbem Wege durch eine Scheibe geleitet oder unterstützt) ist daselbst an diesem Theile befestigt; die Umdrehung des Haspels F hat deshalb die Wirkung, den schwimmenden Theil AB unter den festen Theil CD zu ziehen. Das Seil des andern Haspels läuft über eine feste Scheibe E, welche am Zimmerwerke von CD sitzt, und ist an das Ende B des schwimmenden Theiles AB befestigt. Befindet sich nun der schwimmende Theil in dem Stande BH, und der andere Haspel wird umgedreht, so wird ersterer natürlich in der Richtung cd bewegt werden, während er durch die Wirkung des ersten Haspels sich in der entgegengesetzten Richtung ab bewegen muß. Während der eine Haspel umgedreht wird, windet sich der andere durch die Bewegung des schwimmenden Theiles der Brücke von selbst ab.

Die Wirkung der Tücher ohne Ende in den Streichmaschinen und Spinnmaschinen der Kattun- und Wollenfabriken; die Wirkung der holländischen Baggermaschinen, der Kettenpumpen, der Paternosterwerke, des persischen Wasserrades, des Schraubengewindes, der Wasserschraube oder der sogenannten Schraube des Archimedes u. s. w. besteht blos darin, eine horizontale, schräge oder vertikale

anhaltende geradlinige Bewegung aus einer ununterbrochenen kreisförmigen Bewegung abzuleiten.

Zum Ziehen des dicken Eisen- und Kupferdrahtes pflegt man Maschinen anzuwenden, in welchen die geradlinige Bewegung durch eine kreisförmige Bewegung erzeugt wird. Um Eisen- oder Kupferdrähte zu verfertigen, bereitet man zuerst aus diesen Metallen Stäbchen $1\frac{1}{2}$ bis 2 Ellen lang und $\frac{1}{2}$ Zoll oder weniger dick. Dieses geschieht auf die Weise, daß man kleine Stücke eines guten Eisens unter schweren Hämmern, oder unter sogenannten Drahtzugcylindern, welche durch Wasser- oder Dampfkraft bewegt werden, ausstreckt. Diese Stäbchen oder Stängelchen werden wiederum glühend und vorn mit einem Hammer spitzig gemacht, alsdann durch die vollkommen runden Löcher einer schweren verstählten, oder stark gehärteten Platte Fig. 57 gesteckt, zu welchem Zwecke, wie aus dem Durchschnitte dieser Platte zu sehen ist, die genannten Löcher trichterartig zulaufen. Diese Platte wird nun auf einer Tafel zwischen eisernen Ständern u. s. w. unbeweglich festgestellt, und die Stange alsdann mit Gewalt durch die Löcher der Platte gezogen.

Dadurch, und weil die Löcher nach und nach enger werden, wird die eiserne oder kupferne Stange beständig mehr und mehr ausgedehnt und eine größere Länge, jedoch eine geringere Dicke bekommen; sie hört endlich auf, Stange zu seyn und wird Draht.

Die Art und Weise, wie die Drähte durch die nachfolgenden Löcher des Drahtzuges gezogen werden, ist verschieden. Meistentheils wird das Ende der Drähte von einer Zange ergriffen oder gekneipt, welche mit dem einen Arm eines gebogenen Hebels in Verbindung steht, der durch ein kräftiges Werkzeug auf und nieder bewegt wird, die Zange

fortschiebt, die Drähte ergreift, festhält und mittelst der Zange durch die Löcher des Drahtzuges zieht. Die geradlinige Bewegung der Drähte wird nun beständig durch die auf- und niedergehende Bewegung eines Hebels gewährt; man kann jedoch dieselbe auf eine vollkommnere und die Arbeit sehr befördernde Weise aus einer anhaltenden kreisförmigen Bewegung ableiten, und diese Verbindung ist es, welche uns hier zum Beispiele dienen soll.

Es sey D Fig. 58 ein großer hohler oder massiver Cylinder, dessen Welle sich in einer horizontalen Lage in zwei Pfannen dreht, welche in den Unterstützungspunkten B und C liegen, die auf einer langen schweren Tafel PQR von etwas schrägem Stande gut befestigt sind. Um diesen Cylinder ist ein breiter Riemen EF (bei ab in einen Falz des Cylinders geklemmt) geschlagen, an dessen Ende GH, welches auf der Tafel liegt, einige Haken befestigt sind, an welchen eben so viele Drähte, die durch den Drahtzug A gezogen werden sollen, befestigt sind. Sobald nun der Cylinder D auf irgend eine Weise z. B. durch Räderwerk I (welches durch ein Wasserrad, oder durch eine Dampfmaschine in Umgang gesetzt wird) in Bewegung gebracht wird, so muß natürlich während der Umdrehung der Riemen EF aufgerollt und die Drähte müssen durch die verschiedenen Löcher des Drahtzuges von ihm durchgezogen werden u. s. w. Von dem Drahtzuge A bis zum Cylinder D bekommen dann die Drähte aus der kreisförmigen Bewegung des Cylinders eine geradlinige Bewegung.

Ein Rad oder ein Getriebe, welches anhaltend umgedreht wird, theilt einer gezahnten Stange eine anhaltende geradlinige Bewegung mit, und diese Art, Bewegung mitzutheilen, findet man sehr häufig angewendet. Durch eine gezahnte Stange kann die

geradlinige Bewegung mit größerer Genauigkeit unterhalten werden, als durch Seile oder Riemen, die um einen Cylinder aufgewickelt werden, weil letztere immer dehnbar bleiben und einem Körper in dem einen Augenblicke eine größere Geschwindigkeit geben müssen, als im andern, während die gezahnte Stange gewissermaßen undehnbar ist, folglich immer dieselbe Geschwindigkeit besitzt und mittheilt, mit welcher das Rad oder das Getriebe umgeführt wird. Auch kann die gezahnte Stange immer dieselbe Bewegung, sowohl vorwärts als rückwärts, mittheilen.

Statt eine Rolle mit Riemen kann man dann auch ein Getriebe und eine gezahnte Stange beim Drahtziehen anwenden, obschon die Maschine alsdann vor der so eben beschriebenen keinen sehr großen Vorzug haben würde.

Röhren aus Blei oder Zink, die häufig aus gewalztem Rollenblei oder Rollenzink, die man aus den Fabriken bekommt, auf die Weise verfertigt werden, daß man das Blei oder das Zink rund biegt und dann Ende auf Ende löthet u. s. w. können auch in den Fabriken verfertigt werden, wenn Klumpen dieser Metalle an das eine Ende eines cylindrischen Kernes gegossen und dieselben alsdann mit diesem Kern durch die nach und nach enger werdenden Löcher eines Drahtzuges gezogen werden, so daß sie über die ganze Oberfläche dieses Kerns gleichförmig bis zur gehörigen Dicke ausgezogen sind und beim Herausnehmen des Kerns eine Röhre bilden. Der Kern wird in diesem Falle an eine gezahnte Stange festgeschraubt und durch die Bewegung, welche letztere von einem Räderwerk empfängt, mit dem Blei oder dem Zink durch die Löcher des oben genannten Drahtzuges gezogen.

Eine Kette, die um einen Haspel gewickelt wird, kann auch die Stelle der gezahnten Stange

ersetzen, wird aber eine bei weitem weniger genaue Wirkung gewähren; denn da sie bei jedem Umgange des Haspels eine andere, oder vielmehr eine schrägere Richtung bekommt, als sie zuvor besaß, so wird auch das Blei oder das Zink mehr gegen die eine Seite eines Loches im Drahtzuge gedrückt, als gegen eine andere Seite, und die Ausdehnung findet deshalb nicht überall in gleichem Maaße statt.

Um den festen Support einer mechanischen Drehbank oder einer Bohrbank zu bewegen, bedient man sich sehr häufig der gezahnten Stange, die durch ein Rad auf Rollen, zur Seite der Drehbank angebracht, sehr langsam fortbewegt wird, und während dieser Bewegung führt die gezahnte Stange den mit ihr verbundenen Support ebenfalls auf eine regelmäßige Weise vorwärts.

Schnecken oder die starken Ketten großer Schleusen werden meistentheils mit einer gezahnten Stange, die ihre auf- und niedergehende Bewegung von der kreisförmigen Bewegung eines Getriebes empfängt, aufgezogen und geschlossen.

In den gewöhnlichen Holzsägemühlen (Schneidemühlen) bekommen die Schlitten, auf welchen die zu schneidenden Bloche befestigt sind, eine langsame Bewegung durch eine Zahnstange, die mit dem Schlitten verbunden ist, und durch den Umgang eines Getriebes sanft fortbewegt wird, in dem Maaße, in welchem der Schnitt der Sägen weiter rückt.

Diese Beispiele könnten noch durch viele andere vermehrt werden, jedoch mehrere Beispiele als die oben stehenden können, wenn dieses auch nöthig seyn sollte, den Gegenstand nicht besser aufklären.

13) Ein anderes Mittel. A) Eine Schraube, welche durch eine Kurbel, oder durch Räderwerk umgedreht wird, theilt einer beweglichen Schraubenmutter eine geradlinige Bewegung mit, was durch das

in §. IV. des sechsten Kapitels der zweiten Abtheilung des ersten Theiles Abgehandelte keiner weitern Erläuterung bedarf.

a) Wenn man an den Kopf der Schraube ein Stirnrad oder ein Kegelrad setzt, so kann dieses Zahnrad durch andere Zahnräder bewegt werden; daraus ergiebt sich, daß die geradlinige Bewegung abgeleitet werden könne aus einer kreisförmigen oder rund umgehenden Bewegung, die in derselben oder in einer andern Ebene als derjenigen der geradlinigen Bewegung vor sich geht, und daß sie in allen Entfernungen von dieser Bewegung stattfinden könne.

b) Die Geschwindigkeit der geradlinigen Bewegung, welche durch die Umdrehung einer Schraube der Schraubenmutter und den mit ihr verbundenen Theilen mitgetheilt wird, kann zwar in allen Verhältnissen geschehen, jedoch bleibt diese Geschwindigkeit an sich selbst und im Allgemeinen klein.

c) So lange sich die Schraube dreht, bewegt sich die Schraubenmutter vorwärts; während sich die Schraubenmutter im Zustande der Ruhe befindet, muß also auch die Schraube sich in Ruhe befinden. Folglich kann man durch dieses Mittel keine unterbrochene Bewegung darstellen, wie es z. B. bei Anwendung einer gezahnten Stange möglich ist.

d) Das Mittel, die Bewegung der Schraube zu hemmen, ohne andere Theile desselben Werkzeuges aufzuhalten, von welchem die Schraube ein Theil ist, besteht in dem Hemmen der kreisförmigen Bewegung, die sie anders woher empfängt. Wie dieses geschieht, wird im folgenden §. gelehrt.

B) Die Schraube eignet sich besonders, um schwere Lasten langsam, jedoch mit Anwendung von wenig Kraft fortzubewegen und um Bewegungen von sehr geringer Extension mit dem größtmöglichen Grade von Regelmäßigkeit hervorzubringen. Ver-

möge dieser Eigenschaft ist sie von sehr ausgebreiteter Anwendung in allen künstlich verfertigten Werkzeugen, von denen einige Theile mit großer Genauigkeit und in sehr kleinen Extensionen regelmäßig bewegt werden müssen. Sie kann überall angewendet werden, wo man sich sonst einer gezahnten Stange bedient; aber sie ersetzt dieselbe nur da, wo die Bewegungen sehr genau und unmerklich erfolgen müssen, oder wenn die Richtung der Bewegung der Last und ihr Raum so beschaffen sind, daß sie besser und mit weniger Weitschweifigkeit durch eine Schraube gehalten und bewegt wird, als durch eine gezahnte Stange. Denn bei Anwendung einer gezahnten Stange hat man z. B. einen doppelt so großen Raum nöthig, als bei Anwendung der Schraube, da letztere den Ort nicht verändert, sondern sich stets in Lagern drehend, die Schraubenmutter längs ihrer Spindel vorwärts und rückwärts bewegt. Mit der gezahnten Stange verhält sich die Sache ganz anders: Diese muß, um geradlinige Bewegungen mitzutheilen, selbst fortschreiten, wozu ein unbehinderter Raum erheischt wird. Die Schraube wird darum häufig aus einem der eben erwähnten Gründe in sogenannten Kunstdrehbänken und Bohrbänken statt der gezahnten Stange angewendet. Sie liegt alsdann horizontal unter der Mitte oder zur Seite der Bank; in oder am Support, in welchen die Drehstähle festgeschraubt sind (um z. B. einem langen Cylinder oder eine lange Stange überall von gleicher Dicke ganz sauber rund zu drehen), oder an welchen das zu bearbeitende Stück (z. B. eine metallene Büchse, welche überall auf gleiche Weise glatt ausgebohrt werden muß) befestigt ist; sie liegt in oder an dem Support in einer metallenen Mutter, in welcher sie läuft und auf diese Weise dem Support die verlangte geradlinige Bewegung mit einer

großen Genauigkeit verleiht. Es müssen jedoch in diesem und in dergleichen Fällen wichtige Gründe vorhanden seyn, weshalb man die Schraube eher als die Zahnstange gebrauchen kann; denn bei einer Länge derselben von z. B. 1 bis 2 Ellen, was nichts Seltenes ist, wird die richtige Verfertigung derselben sehr schwierig und höchst kostbar.

Anmerk. Die Schraube ist hier allein hinsichtlich der Bewegung mit der gezahnten Stange verglichen worden, denn die Ausübung des Druckes anlangend, steht die gezahnte Stange der Schraube bei weitem nach.

Wenn der Raum vorhanden ist, der erfordert wird, um eine gezahnte Stange zu bewegen, aber die beabsichtigte Bewegung so sanft und richtig seyn muß, wie sie durch eine gezahnte Stange nebst Getriebe schwierig herzustellen ist, so kann man dazu eine sehr kurze Schraube, nämlich eine Schraube ohne Ende Fig. 59 No. 1 anwenden, welche in die Zähne einer Stange AB eingreift, und auf diese Weise den geradlinigen Fortschritt dieser Stange sammt den an ihr befestigten Körpern bewirkt. Die Zähne dieser Stange (welche keine gezahnte Stange, sondern nur einen Theil einer langen Schraubenmutter bildet) müssen natürlich schräg nach dem Laufe des Schraubengewindes gerichtet seyn. Die oberste Oberfläche dieser Zähne oder Gänge muß auch rinnenartig oder cylinderförmig seyn, wie in dem Durchschnitte nach der Linie ab Fig. 59 No. 2 dargestellt ist.

§. IV.

Angabe der Mittel, um kreisförmige Bewegungen aus andern kreisförmigen Bewegungen abzuleiten u. s. w.

14) Erstes Mittel. A) Eins der einfachsten Mittel, um die kreisförmige Bewegung einer Welle

A Fig. 60 einer andern Welle B mitzutheilen, besteht darin, daß man jeder Welle eine Scheibe gebe und über diese Scheiben ein Seil, eine Schnur, eine Kette, ein Band, oder einen ledernen Riemen a b c d laufen lasse. Wird dann dieser Riemen, Schnur u. s. w. um die zwei Scheiben gespannt, so kann sich A nicht umdrehen, ohne den Riemen a b c d in der Richtung der Pfeilchen fortzubewegen, und dadurch muß alsdann auch die Scheibe C mit ihrer Welle B sich umdrehen. Diese kreisförmige Bewegung kann alsdann für irgend einen Zweck benutzt werden, indem man sie wiederum anderen arbeitenden Theilen einer Maschine auf dieselbe Weise mittheilt.

a) Erfolgt die Fortpflanzung der Bewegung in derselben Ebene, und laufen deshalb auch die Wellen parallel, so kann dieses Mittel immer benutzt werden, wie auch die gegenseitige Stellung und Abstand der Wellen beschaffen seyn mögen. Man kann also auf diese Weise die Bewegung aus dem ersten Zimmer einer Fabrik nach einem zweiten über demselben, oder unter demselben, oder in schräger und horizontaler Richtung fortpflanzen. Die einfachste Einrichtung ist jederzeit die, die Seile, Riemen u. s. w. unmittelbar von der einen Scheibe A über die andere B zu spannen. Oertliche Umstände können dieses jedoch verhindern, so daß man genöthigt wird, die Riemen oder Seile über eine Leitscheibe L Fig. 61 zu schlagen. Wendet man Riemen an, so muß die Scheibe L eher eine Rolle seyn, welche mehr als die zweifache Breite des Riemens besitzt, damit die Theile a b c und d e f desselben nicht auf einander zu liegen kommen, wodurch die Bewegung sehr gehindert werden würde (siehe ferner Fig. 62, welche eine Seitenansicht von Fig. 61 giebt).

Bei Anwendung von Saiten, Schnuren oder Seilen muß die Scheibe L eine gewöhnliche Rolle

seyn, die jedoch aus denselben oben angegebenen Gründen eine doppelte Kehle hat Fig. 63, so daß in jeder Kehle ein Theil der Schnur geleitet wird. Ist bei einer horizontalen Richtung des Riemens, der Schnur u. s. w. Fig. 64 der Abstand der Wellen A und B beträchtlich, so muß man häufig, um das Herabhängen, das Zittern, das Schwanken u. s. w. zu vermindern, Leitrollen R unter und über diese Schnuren bringen. Dergleichen Rollen verursachen wenig Widerstand, was jedoch bei anderen Rollen oder Leitscheiben, so angebracht wie in Fig. 61, der Fall nicht ist.

Wenn die Riemen oder Schnüre so um die Scheiben laufen, wie in Fig. 60 dargestellt ist, so erfolgt die Umdrehung der beiden Wellen in derselben Richtung; muß jedoch die Welle B Fig. 65 sich gerade in der der Welle A entgegengesetzten Richtung umdrehen, so läßt man die Riemen oder Schnüre so um die Scheiben laufen, daß sie zwischen den Scheiben sich kreuzend an einander vorüberlaufen. Man verfolge nur die durch die Pfeilchen angegebene Richtung, um die Ueberzeugung zu gewinnen, daß durch die einfache Veränderung die beiden Umdrehungen in entgegengesetzten Richtungen stattfinden.

b) Muß die Bewegung in eine andere Ebene fortgepflanzt werden, so ist dieses durch Vermittlung von Leitscheiben immer möglich und muß auf eine ähnliche Weise geschehen, wie sie Fig. 11 und 12 für die Fortpflanzung der geradlinigen Bewegung angegeben ist. Um jedoch den Gegenstand noch in helleres Licht zu setzen, so sind in Fig. 66, 67 und 68 die Einrichtungen einzeln angegeben, um

1) Die drehende Bewegung einer Welle A Fig. 66 einem Rade oder einer Scheibe B mitzutheilen, deren Ebene mit der Ebene einer Scheibe D auf der Welle A parallel läuft. Für diesen Zweck

muß D mittelst einer Scheibe C der Welle des Rades oder der Scheibe B, welche mit der Welle A parallel läuft, Bewegung mittheilen. Die Bewegung kann auf diese Weise auf sehr große Entfernungen fortgepflanzt werden, indem man die Welle BC blos verlängert.

2) Um die drehende Bewegung einer Welle A Fig. 67 und 68 einer Welle BC mitzutheilen, die mit der Richtung der ersten Welle einen rechten Winkel macht. Man braucht dazu Fig. 67 zwei Leitrollen L, um welche der Riemen, der von D kommt, rechtwinklig geführt und alsdann über die Scheibe E, die an der Welle BC sitzt, geleitet wird; oder die Schnur, welche von D Fig. 68 kommt, läuft über eine Leitscheibe L mit zwei Kehlen und von da um die Scheibe oder Trommel E, auf der Welle BC, die mit der Welle A einen rechten Winkel bildet.

c) Aus den Anfangsgründen der Meßkunst und aus denen, welche in der vorhergehenden Abtheilung entwickelt worden sind, kann man sich leicht überzeugen, daß die Geschwindigkeit der der Welle B Fig. 60 mitgetheilten Bewegung sich zur Geschwindigkeit der Bewegung der Welle A umgekehrt verhält, wie die Halbmesser der Scheiben D und C auf den genannten Wellen, d. h. die Geschwindigkeit von B verhält sich zur Geschwindigkeit von A wie der Radius von D zum Radius von C. Sind sich die Scheiben gleich, so müssen auch die Geschwindigkeiten einander gleich seyn, und um große Geschwindigkeit mitzutheilen, muß man eine große Scheibe D auf eine kleine Scheibe C wirken lassen, während man eine kleine Scheibe C statt einer großen Scheibe D anbringen muß, um aus der geschwinden Bewegung einer Welle B

eine langsame Umdrehung der Welle A abzuleiten. Ist die Geschwindigkeit der einen Scheibe regelmäßig, oder auf irgend eine Weise unregelmäßig, veränderlich u. s. w., so muß die Bewegung der andern Scheibe auch gleichförmig oder auf dieselbe Weise ungleichförmig, veränderlich u. s. w. seyn.

Durch die so eben aufgestellte Proportion ist es nun möglich, die gegenseitigen Geschwindigkeiten der beiden Scheiben in allen denkbaren Beziehungen stattfinden zu lassen; jedoch nur in dem Falle, daß man Ketten anwendet, werden diese Verhältnisse genau seyn können, da lederne Riemen, Laufbänder, Stricke, Schnüre u. s. w. die verlangten Geschwindigkeiten niemals vollkommen genau fortpflanzen, da sie dehnbar oder elastisch sind. Dadurch befinden sie sich (gleich den Saiten eines musikalischen Instrumentes, wenn sie Töne hervorbringen) unaufhörlich in einer schwingenden Bewegung, wodurch sie bald mehr, bald weniger lose um die Scheiben gespannt sind, so daß sie allein in dem gespanntern Zustande der Bewegung der Scheiben folgen, die jedoch während des erstern Zustandes sich umdrehen, ohne die Laufbänder mit sich zu nehmen. Wenn man Riemen, Seile u. s. w. von so unnachgiebiger Beschaffenheit anwendet, als man sie nur bekommen kann, so wird jedoch die Abweichung von der genauen Fortpflanzung der verlangten Geschwindigkeit so gering seyn, daß man sie, besonders im Großen vernachlässigen kann; man muß jedoch den hier erwähnten Umstand häufig in Rechnung bringen.

Sehr häufig muß man im Stande seyn, manchen Theilen der Werkzeuge oder Maschinen verschiedene Geschwindigkeiten, wie sie verschiedenen Zwekken angemessen sind, mitzutheilen. Man muß alsdann ganz natürlich viele Scheiben von verschiedenen Durchmessern neben einander auf dersel-

den Welle aufziehen. Alle diese Scheiben zusammengenommen und zu einem Ganzen verbunden, bilden dann eine Trommel A Fig. 69 von der Form eines abgestumpften Kegels. Mit den verschiedenen Scheiben, aus denen diese Trommel zusammengesetzt ist, kann man nun einer Welle MN verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeiten geben, indem man die einzelne Scheibe, welche mit der Welle MN verbunden ist, längs derselben verschiebt und gegenüber eine größere oder kleinere Scheibe der Trommel A feststellt; hierbei muß man gleichwohl in Obacht nehmen, daß dann der Riemen, oder die Schnur, welche um die Scheibe und um die Trommel A läuft, jedesmal verlängert oder verkürzt werden muß, je nachdem die Scheibe einem größern oder kleinern Reif oder Kranz, der Trommel A gegenüber gestellt wird. Mit Riemen ist dieses sehr leicht, weil die Enden derselben gewöhnlich zusammengeschnallt werden; jedoch bei Anwendung von Seilen u. s. w., deren Enden meistentheils zusammengespitzt werden, verursacht dieses einige Schwierigkeit, weshalb man alsdann auf der Welle MN keine einzelne verschiebbare Scheibe aufzieht, sondern eine zweite Trommel B gerade so groß, wie die Trommel A, jedoch in einer umgekehrten Stellung angebracht, so daß die größern Scheibenumfänge von A den kleinern von B gegenüber liegen. Derselbe Riemen, oder dieselbe Schnur wird dann um je zwei übereinstimmende Scheiben richtig passen, und man kann denselben ohne Verlängerung oder Verkürzung blos von der einen auf die andere Scheibe verschieben, um mit der steten Geschwindigkeit der Welle A eine andere und noch eine andere der Welle MN mittheilen zu können.

Je weniger die nachfolgenden Scheiben der beschriebenen Trommel an Größe von einander verschieden sind, desto mehr werden die Veränderungen

der Geschwindigkeiten unmerklich stattfinden, und man wird diese Veränderungen ganz unmerklich eintreten lassen können, wenn man statt der Trommeln zwei abgestutzte Kegel auf die Weise anbringt, wie in Fig. 70 angegeben ist. Mit solchen Trommeln wird die Geschwindigkeit der Bewegung so lange dieselbe bleiben, als man den Riemen oder das Laufband auf derselben Stelle liegen läßt; manchmal wird es jedoch erfordert, daß die Veränderungen der Geschwindigkeiten während der Bewegung selbst unmerklich eintreten. Aus der Hand kann man den Riemen nie so regelmäßig verschieben, daß die genannten Veränderungen auf eine gleichförmige Weise stattfinden. Man bewerkstelligt dieses alsdann durch mechanische Mittel, indem man den Riemen in eine Gabel greifen läßt, welche entweder durch eine gezahnte Stange, oder auf eine andere Weise eine regelmäßige geradlinige Bewegung von dem einen Ende des Kegels bis zum andern empfängt (ein Beispiel davon liefern die sogenannten Grobspinnbänke, die man gegenwärtig in den Kattunfabriken statt der Grobspinnmühlen anzuwenden beginnt).

Man kann jedoch ohne ein zweites mechanisches Mittel die Veränderungen der Geschwindigkeiten während der Bewegung eintreten lassen, indem man zwei konische Trommeln A und B Fig. 71, mit Schraubengängen versehen, anwendet; denn wenn das eine Ende einer Schnur unten am Kegel D befestigt worden, und die Schnur nach oben zu in die nachfolgenden Gänge sich gelegt hat, und dann das andere Ende oben am Kegel A befestigt worden, so muß natürlich die Umdrehung von A zur Folge haben, daß der Kegel B sich ebenfalls umdrehe. Inzwischen wird die Schnur von B von oben nach unten abgewickelt und auf A auch von oben nach unten aufgewickelt, und da die Gänge von A einen

größern Durchmesser haben, als die ihnen gegenüber liegenden von B, so geht auch die Umdrehung von B mit einer veränderlichen Geschwindigkeit von Statten, die von oben nach unten immer mehr abnimmt, was jedoch ganz unmerklich ist. Man kann indessen dieses Mittel bei anhaltenden Bewegungen nicht immer anwenden, weil, wenn B ganz abgewickelt ist, die Bewegung in einer umgekehrten Richtung eintreten muß, um die Schnur wieder auf B aufzuwickeln, damit wieder eine Wirkung, wie zuvor, erlangt werde. Es sollen sogleich unter Lit. f noch ein Paar andere Einrichtungen, um die Geschwindigkeit einer Welle während der Bewegung selbst schnell umwandeln zu können, an die Hand gegeben werden.

d) Um eine unterbrochene Bewegung herzustellen, muß man eins der Mittel anwenden, welche unter Lit. f für den Zweck angegeben werden sollen, die abgeleitete Bewegung nach Willkühr während der Bewegung selbst und ohne daß die ursprüngliche Bewegung aufhört, hemmen zu können.

e) Das beschriebene Mittel ist eins von denjenigen, durch welches die Bewegung einer Welle ohne einige Schwierigkeit vielen andern Wellen mitgetheilt wird. In Fabriken ist dieses meistentheils der Fall; denn die verschiedenen Maschinen, welche in einer Fabrik arbeiten, müssen ihre Bewegung von der Maschine empfangen, welche durch die allgemeine bewegende Kraft getrieben wird, d. h. durch Wasserkraft, Dampfkraft u. s. w. Die Bewegung der Wasserräder und Dampfmaschinen ist, oder wird immer in eine kreisförmige Bewegung umgewandelt, welche mit ledernen Riemen, Räderwerk u. s. w. auf die Maschinen fortgepflanzt wird, welche eine kreisförmige Bewegung besitzen müssen. Um keinen Raum zu verlieren, und um keine Behinderung in

den Werkstätten zu verursachen, bringt man die Wellen mit den Scheiben, Trommeln u. s. w. nahe an die Decke. Fig. 72 und 73 geben hiervon eine kleine Skizze: in Fig. 72 sind einige Wellen ab, cd, ef, gh, ik, lm dargestellt, welche an der Decke einer Fabrik in ihren Lagern ruhen oder hängen (in letzterem Falle sind die Lager in eisernen Bügeln oder Gehängen eingeschlossen, die an die Decke geschraubt sind); die Figur giebt deshalb eine horizontale Projection der Stellung dieser horizontalen Wellen. Die große Rolle oder cylindrische Trommel, welche auf der Welle ab sitzt, empfängt durch einen Riemen P ihre Bewegung anderswoher und theilt diese Bewegung durch einen Riemen AB der mittelsten Welle cd mit. Von dieser Welle kann die Bewegung mittelst einer Scheibe R niederwärts in die Mitte der Werkstatt geleitet werden. Durch Trommeln C, E und H kann ferner die Bewegung der Wellen gh, lm und ef erzeugt werden, während man wiederum durch Scheiben oder Trommeln D, G, K u. s. w. die Bewegung dieser Wellen auf Maschinen fortpflanzen kann, die auf dem Boden der Werkstatt stehen.

Die Bewegung kann in eine vertikale Richtung gebracht werden durch zwei perpendikuläre Zahnräder L; jedoch kann man dieselbe auch durch Scheiben und Riemen, oder Schnuren M, N in einer perpendikulären und also auch in einer vertikalen Richtung fortpflanzen. Man hat jedoch nicht immer eine gleich gute Gelegenheit zur Anbringung der nöthigen Leitrollen, die hierzu erforderlich sind, und dann sind Zahnräder vorzüglicher, wenn sie auch nicht erforderlich seyn sollten, um eine sehr genaue regelmäßige Bewegung mitzutheilen. O stellt eine kegelförmige Trommel dar, und Q ein Seil, welches von der großen Rolle

nach oben oder nach unten läuft, um wieder andere Bewegungen zu erzeugen.

Fig. 73 ist ein Theil des vertikalen Durchschnittes einer Fabrik mit drei Zimmern, die zu Werkstätten bestimmt sind. Das große Rad A empfängt seine Bewegung unmittelbar von der Maschine, welche durch die allgemeine bewegende Kraft getrieben wird. Die Bewegung theilt es entweder durch Räderwerk BC, oder einfacher durch Scheiben und einen ledernen Riemen B'C' den Wellen mit, welche an der Decke des zweiten Zimmers liegen. Der Riemen B'C' läuft deshalb durch eine Oeffnung, welche in der ersten Decke angebracht ist, und wird daselbst durch zwei horizontale Rollen K geleitet. Von dem zweiten Zimmer geht die Bewegung über zum dritten und zum ersten, und zwar mittelst der Riemen DE, FG, welche durch Oeffnungen in den Decken über Leitrollen E und L laufen und einander kreuzen, damit die Umdrehung, wie dieses erfordert wird, in einer entgegengesetzten Richtung stattfinde (die Gründe, weshalb es sich ereignen kann, daß man die Bewegung in der untersten Werkstätte nicht unmittelbar von der allgemeinen bewegenden Kraft ableitet, sondern aus der zweiten Werkstätte u. s. w. sollen sogleich erklärt werden). In jeder Werkstätte kann man nun ferner mit Scheiben oder Trommeln H u. s. w. die Bewegung übertragen auf alle Maschinen, die zur Fabrikation von Stoffen, der Bequemlichkeit der Arbeitsleute und der Ersparung der Handarbeit halber vorhanden sind. So ist z. B. in der Figur bei I ein Schleifstein angegeben, an dessen Welle statt einer Kurbel eine Scheibe sitzt, welche durch einen Riemen HM getrieben wird; denn da in einer Fabrik durch die allgemeine bewegende Kraft immer ein Vorrath von Kraft vorhanden ist, so kann man damit alle kleinen Werkzeuge,

die für den nothwendigen Gebrauch des Arbeiters in Bewegung gesetzt werden müssen, sehr leicht treiben oder in Umgang versetzen (wie hier mit dem Schleifsteine der Fall ist) und so ist denn keine besondere Hülfe von Menschenhänden erforderlich, durch welche die Bewegung auch nicht sehr regelmäßig unterhalten werden kann.

f) Alle Mittel, durch welche man die Bewegung des Räderwerkes auf einmal, oder allmählig hemmt, wie z. B. Bremsen, das Emporheben und Verschieben der Wellen u. s. w., alle diese Mittel können auch bei Anwendung von Scheiben, welche durch Riemen oder Schnüre getrieben werden, in Betrachtung kommen, weshalb wir in Betreff dieser Mittel auf Art. 16 I, g verweisen.

Sehr häufig kommt es in Maschinen vor, einige abgeleitete drehende Bewegungen zu hemmen, ohne die ursprüngliche kreisförmige Bewegung aufhören zu lassen. In einer Fabrik z. B., in welcher verschiedene Maschinen durch eine und dieselbe Maschine z. B. durch eine Roßmühle, ein Wasserrad, eine Dampfmaschine u. s. w. bewegt werden, müssen manche dieser Maschinen dann und wann ruhen, entweder, um vom Arbeiter mit neuen Stoffen versehen zu werden, oder um gestellt, oder um reparirt zu werden, oder weil sie aus Mangel an Arbeit nothwendig still stehen müssen. Diese Bewegung nun, oder diese Ruhe muß man der Maschine geben können, ohne die anderen Maschinen aufzuhalten. Bei Mittheilung dieser Bewegung mittelst Scheiben, Trommeln u. s. w. kann dieses auf folgende Weise geschehen:

I. Indem man den Riemen oder die Schnur Fig. 74 von der Scheibe herabschiebt, so daß dieselbe lose um die Welle von A hängt und derselben keine Bewegung mittheilen kann. Durch das Wie-

herauflegen des Riemens läßt sich alsdann alles, jedoch nicht so leicht und schnell, wieder in Ordnung bringen, als wenn man

II. zwei gleich große Scheiben A und C Fig. 75 neben einander stellt; die eine A ist fest mit der Welle a b verbunden (entweder durch einen Nagel oder weil die übrigens runde Welle da viereckig ist, wo die Scheibe A sitzt, die dann ebenfalls eine viereckige Nabe hat), während die andere C nicht fest auf der Welle sitzt, sondern mit sanfter Reibung rund auf rund läuft und sich also drehen kann, ohne die Welle mit umzudrehen, ganz so, wie die Räder eines Fuhrwerks, die sich um feste Wellen drehen.

Nachdem dieses so eingerichtet ist, läßt man den über B und A laufenden Riemen auch zugleich über die Welle a b laufen. Verschiebt man nun den Riemen von der Scheibe C (und dieses ist das Werk eines Augenblickes) so wird C durch B in Umdrehung versetzt, aber die Welle a b bleibt dann in Ruhe. Dieses einfache, aber sinnreiche Mittel ist von sehr allgemeiner Anwendung. Die Scheibe C muß eben an A liegen und durch eine Lünze, oder Schraubenmutter c daran verhindert werden, sich längs a b zu verschieben und sich von A zu entfernen.

III. Durch das Ineinandergreifen von Kuppelungen, Zähnen und Klauen kann man eine Scheibe, die sich lose um eine Welle dreht, fest mit der Welle verbinden und deshalb die Welle zugleich mit der Scheibe in Umdrehung versetzen und umgekehrt.

Wenn man z. B. auf die Welle A B Fig. 76 drei oder mehr Schienen oder Klauen a, a, a legt, und die Scheibe C mit eben so vielen viereckigen Ausschnitten an ihrer Nabe O versieht, in welche die genannten Schienen vollkommen genau eingreifen können, so wird sich die Welle mit der Scheib-

zugleich bewegen, so lange die Schienen in den Einschnitten der Scheibe sitzen; aber schiebt man mittelst eines Hebels, oder einer Gabel cde (die sich um einen festen Stützpunkt dreht) die Scheibe zurück, so wird sich C mit sanfter Reibung auf der Welle AB drehen, ohne diese mit in Umdrehung zu setzen; die Welle AB wird also sehr bequem der Bewegung entzogen; um jedoch die Scheibe C mit den Schienen wieder fest zu kuppeln (und zwar während die Bewegung von C fortdauert), damit die Welle AB wieder in Bewegung komme, muß man zur Verschiebung der Scheibe C genau den Augenblick wahrnehmen, wo die Einschnitte sich in der Richtung der Schienen befinden, und dann auch wird die Koppelung nicht ohne einen nachtheiligen Stoß bewirkt werden können. Bei Anwendung von zwei Scheiben ist dieses nicht der Fall, und außerdem ist auch diese Einrichtung einfacher, als die eben beschriebene.

Nimmt man statt der Schienen einen einfachen Haken D Fig. 77, welcher durch zwei Zähne a und b an der Scheibe sitzt, der aber gefaßt und losgelassen werden kann, je nachdem C vorwärts oder rückwärts mit dem Hebel efg geschoben wird, so wird das Kuppeln leichter, jedoch auch nicht ohne einen Stoß bewirkt werden können.

Bei diesen Einrichtungen laufen die Riemen oder Seile nur gerade über die Scheiben, wenn die Scheibe C in fester Verbindung ist mit der Welle AB, indem sie natürlich schräg über die Scheiben laufen, sobald C aus der ersten Stellung verschoben wird, wie in Fig. 76 und 77 angegeben ist. Dieses ist auch der Fall bei Anwendung einer losen und einer festen Scheibe Fig. 75, und obwohl diese schräge Richtung meistentheils (besonders wenn die Abstände der Scheiben A und B Fig. 75 nicht klein

sind, z. B. drei und mehr Ellen betragen) keine nachtheilige Wirkung herbeiführt, da sie nur beim Stillstand der Welle der Scheibe C stattfindet, so können es jedoch die Umstände mit sich bringen, daß man diese schräge Richtung vermeiden muß. Die Scheibe C muß alsdann, sey sie nun fest, oder nicht fest, mit ihrer Welle verbunden, immer auf derselben Stelle bleiben, und alsdann wird die Kuppelung D Fig. 78 verschoben. Dieselbe sitzt für diesen Zweck viereckig auf viereckig an der Welle AB und hat die Form, wie in Fig. 77 der Haken D, um die Zähne a und b der Scheibe C fassen und loslassen zu können; oder sie ist Fig. 78 mit zwei Zähnen versehen, welche in zwei entsprechende Augen o und p der Scheibe C eingerückt werden können, wenn man die Kuppelung mittelst der Gabel abcd (die sich bei c um einen Nagel dreht) vorwärts auf der Welle AB schiebt. Alsdann ist die Scheibe mit der Welle fest verbunden, und im Gegentheile läuft sie lose oder rund auf rund um die Welle, sobald die Kuppelung D zurückgezogen wird. Dieses alles geschieht indessen nicht ohne Stöße.

Es giebt noch viele andere Arten der Kuppelungen, die der hier beschriebenen ähnlich sind; so hat man z. B. sogenannte Bajonetkuppelungen abcdE Fig. 79, welche zwei Scheiben oder Trommeln C und D zugleich in Thätigkeit versetzen oder außer Thätigkeit bringen können. Diese beiden Scheiben laufen rund auf rund um die Welle, bleiben jedoch an derselben Stelle. Das Bajonet kann durch zwei Augen der Scheibe C gesteckt werden, und dann dreht sich die Welle AB in Folge der Bewegung, welche C anderswoher empfängt. Die Trommel D steht alsdann jedoch still und kann also einer andern Welle keine Bewegung mittheilen; aber dieses geschieht, wenn das Bajonet noch weiter

fortgerückt wird, so daß es in die Zähne e und f der Trommel D eingreift.

Noch andere Arten der Kuppelungen, Klauen u. s. w. auszusinnen, hält nicht schwer; sie haben jedoch meistentheils alle das Unangenehme, daß sie durch die Einrückung und Auslösung von den getriebenen Scheiben nachtheilige Stöße verursachen. Man hat auch noch ein Mittel, eine Scheibe mit einer Welle zu verbinden und diese Verbindung wieder aufhören zu lassen, und dieses besteht in einem Schloß, welches an der Scheibe angebracht wird. Ein solches Schloß kann man in Haken oder Krampen, welche fest mit der Welle vereinigt sind, einspringen lassen u. s. w. Aber auch diese Schloßscheiben verdienen vor den Kuppelungen keinen Vorzug. Die mit den Schloß- und Kuppelungsscheiben verbundenen Nachtheile findet man jedoch nicht bei der Einrichtung, welche nun beschrieben werden soll.

IV. Mit der Scheibe oder Trommel C Fig. 80 und 81 (welche einen Durchschnitt von Fig. 80 giebt), die rund auf rund um die Welle A B sich dreht, ist ein cylindrisches Stück D verbunden, welches conisch ausgedreht ist. Eine Kuppelung F, welche über den viereckigen Theil c d der Welle gerückt werden kann, besitzt an ihrem Ende ein hohles conisches Stück E, welches in die Hülse D nicht allein schlußgerecht eingerückt, wie ein Pumpenzapfen, sondern auch stark geklemmt werden kann, wie ein Keil. Es leuchtet nun von selbst ein, daß bei einer starken Klemmung von E in D, die Scheibe C auch fest verbunden wird mit der Kuppelung F und mit der Welle A B, wodurch diese dann auch von der Scheibe C, die immer auf demselben Platze bleibt, eine umdrehende Bewegung empfangen kann. Die Kuppelung kann hier nach und nach eintreten, so unmerklich, daß sie keine Stöße verursacht. Man

kann dieses Mittel nicht allein bei Scheiben anwenden, sondern auch da, wo man Räderwerk gebraucht, so wie man natürlich auch umgekehrt von den Verbindungen der Räder mit ihren Wellen bei der Anwendung von Scheiben Gebrauch machen kann.

Wenn man den Kegel E nicht fest in die Hülse D klemmt, sondern nur so, daß gleichwohl hinlängliche Reibung zur Umdrehung der Welle AB entsteht, so wird die Umdrehung nicht mit der vollen Geschwindigkeit erfolgen, welche C bei einer starken Klemmung der Stücke E und D mittheilen kann. Auf diese Weise läßt sich denn dieses Mittel zugleich benutzen, um die Geschwindigkeit der Welle AB zu mäßigen.

Wenn endlich die Welle AB nur bis c sich erstreckt und die Scheibe C fest mit ihrer Welle verbunden ist, wenn ferner BD keine Welle ist, sondern ein viereckiger, unverrückbar befestigter Stab, so wird die Klemmung des Kegels E in der Hülse D zur Folge haben, daß sich die Scheibe C nicht drehen kann, und daß also die Welle Ac in Ruhe bleibt. Die Maschinen, welche die Bewegung auf C fortpflanzen, müssen dann auch in Ruhe bleiben, und die Kuppelung wird dann zur Bremse.

Die folgenden Mittel dienen auf dieselbe Weise, die Bewegung zu hemmen und die Geschwindigkeiten der Umdrehung einigermaßen zu modificiren.

V. Wenn man die Schnur oder den Riemen, welcher über zwei Scheiben geschlagen ist Fig. 82, ein wenig länger nimmt, als er, um gespannt zu seyn, seyn sollte, und denselben dann auf die Weise spannt, daß man ihn über eine dritte Scheibe B laufen läßt, welche an das Ende des einen Armes eines gebogenen Hebels ACB befestigt ist, während der andere Arm A mit einem Kreisbogen versehen ist, der einen Ausschnitt hat, so daß er sich an ei-

ner festen Schraube S bewegen kann: so hat man alsdann ein Mittel, die Bewegung einer oder beider Wellen zu hemmen und die Geschwindigkeit der Bewegung zu mäßigen; denn dreht man den Hebel von a nach b, so hört B auf, gegen die Schnur, oder gegen den Riemen zu drücken; dieser ist deshalb schlaff, und während sich dann z. B. die Scheibe E dreht, wird ihre Bewegung nicht auf D fortgepflanzt werden können, sondern D wird sammt seiner Welle stillstehen. Drückt man dagegen den Hebelarm A zurück, so wird die Scheibe B die Spannung der Schnur verursachen. Diese Spannung wird in jedem Grade stattfinden können, und in Folge dieser veränderlichen Reibung des Riemens am Umfange der Scheibe B wird sich der Widerstand der Bewegung verändern, und die Geschwindigkeit der Bewegung kann folglich auch alle Grade haben, so daß, wenn die Scheibe B sehr stark angedrückt wird, die ganze Geschwindigkeit vernichtet wird. Die Bewegung hört alsdann ganz und gar auf, und die Scheibe B wirkt wie eine Bremse.

Den Hebel ACB kann man in allen Ständen feststellen, indem man die Schraubenmutter S gegen den Kreisbogen A anzieht.

Man kann dasselbe erreichen, ohne eine dritte Scheibe anzuwenden, wenn man die Zapfenlager der Welle einer der Scheiben, z. B. der Scheibe D in rechtwinkligen Falzen beweglich macht, so daß die Scheibe D sodann mit dem Riemen oder Laufbande vorwärts und rückwärts geschoben werden kann, um diesen Riemen oder dieses Laufband schlaff machen, mehr oder weniger spannen oder ganz unbeweglich stellen zu können. Dieses läßt sich jederzeit ausführen, wenn die zu verschiebende Welle leicht ist, und man dieselbe durch Bolzen, Nägel oder Schrauben in allen ihren Stellungen leicht sichern kann.

Man kann auch, wenn die Wellen dazu sich nicht eignen, oder eine für diesen Zweck unschickliche Stellung haben, eine dritte Scheibe E Fig. 83 u. 84 ohne Hebel anwenden, wenn man nämlich die Scheibe auf eine bequeme Weise höher und tiefer stellen, oder verschieben kann, indem man entweder die Zapfenlager ihrer Welle in Falzen beweglich macht; oder sie in einen Bügel hängt (wie eine gewöhnliche Seilrolle), den man auf und nieder ziehen kann; oder indem man die Welle der Scheibe E Fig. 85 mit einer Scheibe B verbindet, welche in einer festen Bahn A beweglich ist, oder durch ein Gewicht G sinkt, oder niedergedrückt werden muß, und mit Stiften a befestigt ist; oder auf sonst eine andere zweckmäßige Weise.

Die Fig. 86 und 87 zeigen, wie man auf dieselbe Weise mit zwei Bremsscheiben A und C an den Enden eines Wagebalkens, der sich um einen festen Punkt B bewegen kann, die Bewegung einer der Scheiben E oder D hemmen, oder beider Bewegung hindern, oder beider Geschwindigkeit mäßigen kann. Dieses Mittel ist sehr anwendbar, wenn viel Kraft mitgetheilt wird, und wenn die Fortpflanzung der Bewegung mit ledernen Riemen geschieht. Hängt ein Gewicht G an dem einen Ende des Wagebalkens, so drücken die Scheiben A und C gegen den Riemen, und dieser wird so auf zwei Punkten zugleich in der Bewegung behindert.

Man kann endlich dasselbe noch erlangen, wenn man Fig. 88 das Laufband, welches die Bewegung von A auf B fortpflanzen muß, ganz über B schlägt, dann über die feste Scheibe oder Trommel A, und endlich noch über eine Scheibe D, die mit dem Arm FC eines Hebels EFC, der seinen Drehungspunkt in F hat, beweglich ist, so daß das größere oder geringere Steigen des Endes C die größere oder ge-

ringere Spannung des Laufbandes zuwege bringt, und es wird das erforderliche Steigen erlangt durch den Druck des Gewichtes G, welches man in verschiedene Entfernungen vom Unterstützungspunkte F hängen kann.

Riemen, Laufbänder, Darmsaiten, Seile u. s. w. sind, da man sie aus animalischen oder vegetabilischen Stoffen zu bereiten pflegt, dem Einflusse der Trockenheit und der Feuchtigkeit der Luft sehr unterworfen, durch Feuchtigkeit werden sie im Allgemeinen einschrumpfen, durch Dürrung schlaff werden und sich dehnen. Dieses geschieht deshalb auch bei der Anwendung dieser Substanzen in Maschinen für den Zweck, die Bewegung fortzupflanzen, weshalb man Mittel anwenden muß, damit bei diesen Veränderungen in der Länge die Bewegungen und Drucke doch immer in derselben Art fortgepflanzt werden. Für diesen Zweck braucht man nur die eben beschriebenen Mittel anzuwenden, durch welche man im Stande ist, die Spannungen zu verändern; denn wenn ein Laufband durch Feuchtigkeit zusammenschrumpft und zu stark spannt, so kann man dasselbe dann verhältnißmäßig schlaffer machen und umgekehrt. Wendet man Riemen von dickem Ochsenleder an, so werden die Veränderungen in der Länge durch den Einfluß der Luft sehr gering seyn, und in jedem Falle ist man dann noch im Stande, dem Riemen seine gehörige Länge und Spannung mittelst der Schnalle zu geben, die seine Enden mit einander verbindet, je nachdem nämlich eine Ausdehnung oder ein Zusammenschrumpfen stattgefunden hat. Außer diesem Vortheile, welcher mit dem Gebrauche lederner Riemen verbunden ist, haben sie auch den Vorzug vor Darmsaiten oder Seilen, da sie die Bewegung viel sanfter fortpflanzen und weniger Widerstand durch Klemmung und Steifigkeit

darbieten. Bänder von Tuch oder Sahlbändern pflanzen die Bewegung noch sanfter fort, als lederne Riemen, sind dagegen auch wieder viel dehnbarer und können nur gebraucht werden, wenn die Drucke auf die Scheiben, oder auf die Trommeln gering sind.

VI. Nachdem wir die Mittel, durch welche die Bewegung einer Scheibe oder Rolle nach Willkühr gehindert werden kann, kennen gelernt haben, wird man auch begreifen können, wie sich derselben Welle durch die zwei folgenden Verfahrungsarten zwei verschiedene Geschwindigkeiten der Umdrehung mittheilen lassen, ohne daß man dazu kegelförmige Trommeln u. s. w. nöthig hat. Die Beschreibung dieser Mittel konnte nicht eher als jetzt geschehen, obschon sie eigentlich weiter oben hin gehört hätte.

AB Fig. 89 ist eine Welle, welche von anders=her ihre Bewegung empfängt und durch diese einfache Bewegung einer andern Welle CD zwei verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeiten mittheilen soll. Für diesen Zweck sind auf CD zwei Scheiben F und G und auf AB zwei andere Scheiben E und H der ersten gerade gegenüber gestellt und mit derselben durch Riemen oder Laufbänder ohne Ende verbunden.

Diese Scheiben sind so abgemessen, daß, wenn E allein auf F wirkt, die Welle CD ihre langsamste Bewegung empfängt und dagegen die verlangte geschwindere Umdrehung, wenn H allein auf G wirkt. F und G sind fest mit CD verbunden; E und H drehen sich unbehindert um die Welle AB, die in der Mitte rund ist, jedoch zur Seite von E und H viereckig, so daß die zwei Kuppelungen I und K zwar längs derselben verschoben werden können, sich aber immer mit ihr drehen müssen. Diese Kuppelungen werden, ähnlich der Fig. 80 (jedoch können sie auch jede andere Form haben) durch zwei Gabeln, die mit derselben Stange lm verbunden sind,

bewegt und gehen also zugleich vor- oder rückwärts. Hierdurch wird deshalb bei der Verschiebung der Stange lm (die durch Augen oder sonst auf eine Weise geleitet wird), wenn die eine Kuppelung z. B. in die Hülse L der Scheibe E gerückt wird, die andere K aus der Hülse M der andern Scheibe H herausgerückt. Die Scheibe E wird dadurch mit der Welle AB verbunden, und kann der Welle CD Bewegung mittheilen. Die andere Scheibe H wird frei und außer Stand gesetzt, die Welle CD umzudrehen. Das Umgekehrte erfolgt, wenn die Kuppelungen zurückgeschoben werden: alsdann wird H der Welle CD eine geschwindere Bewegung mittheilen können, während E außer Wirkung tritt.

War der Riemen um das eine Paar Scheiben gekreuzt, so muß durch die Wirkung dieser Scheiben die Bewegung in der umgekehrten Richtung stattfinden. Man kann dann die Einrichtung von Fig. 89 auch benutzen, um während der Bewegung eine der Wellen mit ihren eignen, oder mit einer andern Geschwindigkeit sich andersherum, d. h. in einer entgegengesetzten Richtung drehen zu lassen; jedoch kann man dieses auch mit zwei Sätzen einfacher Scheiben von solcher Einrichtung, wie die in Fig. 75, erreichen; denn durch Verschiebung der Riemen kann jede von ihnen nach Willkühr in und außer Wirkung gebracht werden, während die Riemen durchgehend oder kreuzweis um dieselben laufen. Auf dieselbe Weise kann man mit zwei dergleichen Scheibensätzen dasselbe erlangen, was mit der Einrichtung von Fig. 89 erlangt wird; jedoch in beiden Fällen wird diese Einrichtung, was die Sicherheit und die Leichtigkeit der Veränderung der Bewegung anlangt, den Vorzug verdienen.

Die andere der oben erwähnten Verfahrungsarten besteht in Folgendem: AB Fig. 90 ist eine Welle, welche eine Scheibe H und ein Zahnrad C trägt, welches fest auf dieser Welle sitzt; eine andere Scheibe I läuft lose oder rund auf rund, und eben so auch die dritte Scheibe G, welche mit dem Zahnrade D ein Ganzes ausmacht. Dieses Zahnrad sitzt also nicht fest auf der Welle AB. Die Welle LM trägt zwei feste Räder F und E, welche durch D und C getrieben werden können und dadurch der Welle LM zwei verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeiten geben, wenn nämlich jedes allein wirkt (statt der Räder D, C, F, E kann man auch natürlich Scheiben mit Riemen anwenden). Wenn nun der Riemen, welcher die Bewegung von anderswoher auf die Welle AB übertragen soll, um die Scheibe I geschlagen ist, so ruht die Welle AB eben so gut, als die Welle LM. Schiebt man den Riemen auf die feste Scheibe H, so wird AB sich umdrehen und durch die zwei festen Räder C und E der Welle LM eine geschwinde Bewegung mittheilen. Wenn endlich der Riemen auf der losen Scheibe G liegt, so wird sich diese umdrehen, ohne AB mitzunehmen, doch dreht sich zugleich das Rad D und kann also auf das große Rad F wirken, um die Welle LM in langsame Umdrehung zu versetzen. Bei dieser Umdrehung treibt E das Rad C und folglich auch die Welle AB, aber dieses hindert keinesweges die Bewegung, welche durch die Scheibe G und das Rad D der Welle LM mitgetheilt wird.

Diese Einrichtung verdient wegen größerer Einfachheit wieder bei weitem den Vorzug vor derjenigen von Fig. 89; sie kann auch benutzt werden, um die Welle LM in einer entgegengesetzten Richtung zu bewegen.

Wenn die Kraft, welche die erste oder die Hauptbewegung verursacht, unregelmäßig wirkt, so verursacht sie bei der Fortpflanzung der Bewegung auch einen unregelmäßigen Gang in verschiedenen Theilen der Maschine. Es giebt, um die Unregelmäßigkeiten zu beseitigen, oder etwas zu vermindern, bei den kreisförmigen Bewegungen einige Mittel, deren Erwähnung und Erläuterung einen zweckmäßigern Ort am Ende dieses §. findet, weil sie, wo es sich nöthig macht, in jedem Falle benutzt werden können, die Bewegung werde nun mit Riemen und Schnüren ohne Ende, oder durch Räderwerk u. s. w. fortgepflanzt.

Anmerkungen. 1) Es ist nicht ganz gleichgültig, welche Form man den Umfängen der Scheiben oder Trommeln giebt, mit denen die Bewegung fortgepflanzt werden soll. Denn wegen der Spannung, in welcher sich die Riemen, die Seile u. s. w. befinden, und wegen der Federkraft, welche sie besitzen, befinden sie sich, wie oben bereits bemerkt worden ist, in unaufhörlichem Zittern oder Schwanken, wodurch abwechselnd zwischen denselben eine Erweiterung der Umfänge der Scheiben oder Trommeln entsteht. Wegen dieser Abweichungen wird es besonders schwer halten, daß ein Riemen auf dem ebenen Umfang einer kleinen Scheibe bleibt, und wenn der Umfang so wie bei einer Seilrolle in der Form eines Kreisbogens ausgekehlt ist, so wird der Riemen sehr bald aus der Kehle heraustreten und sich um ihre beiden scharfen Ränder schlagen. Hieraus ergiebt sich, daß er während der Bewegung immer um eine solche Stelle der Scheibe gelegt wird, wo der Durchmesser am größten ist, und dieses zwar um so bequemer, wenn die Geschwindigkeit der Umdrehung groß ist.

Bei Anwendung von Riemen kann also die Fortpflanzung der Bewegung nicht auf schmale Scheiben Fig. 91 No. 1 (welche Figur eine vertikale Projection oder eine Seitenansicht der Scheibe ist) stattfinden; sondern um den Riemeu auf den Scheiben zu erhalten, muß man letztere auf jeder Seite mit stehenden Rändern Fig. 91 No. 2 versehen. Diese Ränder müssen so hoch seyn, daß der Riemen bei den größten Abweichungen nicht auf die Ränder springen könne. Man braucht auf diese Höhe weniger Rücksicht zu nehmen, wenn die Geschwindigkeit der Umdrehung sehr gering ist, denn dann sind auch die Abweichungen des Riemens sehr gering, jedoch für große Umdrehungsgeschwindigkeiten muß die Höhe der genannten Ränder auch verhältnißmäßig zunehmen. Der Riemen wird dann gleichwohl noch nach den Rändern getrieben werden und sich um dieselben zu schließen streben, woraus dann ferner große Ungleichmäßigkeiten in der Bewegung und im Widerstande entstehen können. Man beseitigt diese Wirkungen ganz und gar, wenn man den Umfang der Scheiben nicht eben macht und mit Rändern versieht, sondern ihm eine sanfte sphärische Form eac, fbd Fig. 91 No. 3 giebt. Denn da der Riemen unaufhörlich dahin strebt, sich um die Punkte des Umfanges zu legen, welche am weitesten vom Mittelpunkt abstehen, so muß er sich nothwendig immer um die sphärische Mitte ab klemmen, weil er sogleich wieder die höchste Stelle ab erreichen wird, wenn er einmal auf einen Augenblick um die tiefern Theile cd oder ef gelegt war.

Man kann sich durch einen Versuch überzeugen, daß diese sphärische Form des Umfanges der Scheiben die richtige ist, die man anzuwenden hat. Wenn man nämlich dreierlei Scheiben Fig. 91 No. 1, 2 und 3 zum Versuch nimmt, so wird man finden,

daß die Riemen auf No. 3 immer fest liegen bleiben, während sie von No. 1 schnell abgetrieben werden und bei einer geschwinden Umdrehung auch von No. 2. Der leichtern Verfertigung halber pflegt man, um sich dem sphärischen Rande zu nähern, auch wohl die Umfänge der Scheiben mit einem stumpfen dreieckigen Rücken Fig. 91 No. 3* zu versehen; diese Form bewirkt aber einen schlechten Schluß des Riemens auf der Scheibe.

Um das Klemmen der Riemen auf den Scheiben noch mehr zu befördern, und dadurch auch zu bewirken, daß der größte Theil der erforderlichen Geschwindigkeiten mitgetheilt werde, und um das Abgleiten, wenn die Möglichkeit desselben noch vorhanden seyn sollte, ganz zu beseitigen, pflegt man in die sphärischen Umfänge der Scheiben scharfe oder dreieckige Rippen zu drehen Fig. 91 No. 4, was einen sehr guten Effect giebt. Wo es zu schwierig seyn sollte, die Umfänge großer hölzerner Scheiben auf der Drehbank gehörig rund zu arbeiten und alsdann dieselben mit Rippen zu versehen, kann man auch auf den ebenen Umfang einer Scheibe Fig. 91 No. 5 und 6 eine Menge Klötzchen a b c u. s. w. schlagen, die gleich weit von einander abstehen und auf der Stelle, über welche der Riemen laufen muß, sphärisch abgearbeitet sind. Die Klemmung an dieser Art von Scheiben ist auch größer, als bei derjenigen Form, welche Fig. 91 No. 3 angegeben ist; man hat jedoch jede dieser Arten No. 3, 4 und 5 je nach den Umständen in Gebrauch, d. h. je nachdem die Widerstände und Geschwindigkeiten kleiner oder größer sind.

Wenn sich die Scheiben in einer horizontalen Stellung befinden, so kann die Schwere des Riemens verhindern, daß er gehörig um die Scheiben schließt. Man versieht alsdann die Scheiben mit

Rändern Fig. 91 No. 3**, wodurch der Riemen verhindert wird, abzugleiten. Diese Scheiben können auch in einer vertikalen Stellung mit Vortheil gebraucht werden, wenn nämlich der Riemen durch das Verschieben desselben von der einen Scheibe auf die andere eine zu schräge Richtung annimmt. Auch die Trommeln müssen gleich den Scheiben an ihren Umfängen sphärisch gemacht werden, siehe Fig. 92.

Bei Anwendung langer Rollen oder cylindischer Trommeln Fig. 94 (um welche mehr als ein Riemen geschlagen wird, oder welche dazu dienen, denselben Riemen auf verschiedenen Punkten der Rolle wirken zu lassen) braucht man die sphärische Form der Oberfläche nicht zu berücksichtigen, da es wegen der großen Extension von AB der Rolle unmöglich ist, daß ein gespannter und in Bewegung befindlicher Riemen von C nach A oder B fortrutsche und die Rolle verlasse. Wenn man deshalb breite Scheiben oder breite Cylinder statt schmaler Scheiben Fig. 91 No. 1 brauchte, so könnte man versichert seyn, daß der Riemen auf denselben schließend bleiben würde, und man brauchte dann den Umfang nicht sphärisch zu machen, wie Fig. 91 No. 3 zeigt. Es verdient indessen bemerkt zu werden, daß die Scheiben alsdann nicht mehr so leicht und compendiös sind, ein Umstand, auf welchen bei einer einfachen Einrichtung der Maschinen vor allen Dingen geachtet werden muß.

Wendet man Laufbänder von Tuch oder dergleichen an, um damit die Bewegung fortzupflanzen, so müssen die Scheiben oder Trommeln, welche hierzu dienen sollen, eine ähnliche Gestalt haben. Seile, Schnüre, Darmsaiten, die nicht platt, sondern rund sind, müssen über ausgekehlte Scheiben oder Trommeln, Fig. 93 No. 1 laufen; besser ist es je-

doch, die Kehlen dieser Scheiben nicht rund, sondern dreieckig Fig. 93 No. 2 und 3 auszudrehen; alsdann werden sie nämlich in diesen Kehlen schärfer geklemmt und theilen die Geschwindigkeit genauer mit. Ueber eine lange Rolle Fig. 94 läuft ein Seil, oder eine Schnur auch wie ein Riemen, ohne von derselben abgetrieben zu werden.

2) Die Bewegung wird auch zuweilen durch eiserne oder messingene Ketten statt durch Seile fortgepflanzt. Dieses gewährt den Vortheil, daß die Geschwindigkeiten mit mathematischer Genauigkeit übergetragen werden können, ferner auch, daß man mit keiner Verkürzung und Verlängerung zu schaffen hat, da die Kette zwar durch Wärme und Kälte ausgedehnt und zusammengezogen wird, jedoch in so geringem Maaße, daß dieses wenig oder keinen Einfluß auf die Veränderung der mitgetheilten Geschwindigkeit hat; aber die Verlängerung oder Verkürzung kann auch auf keinerlei Weise eine Veränderung in der Geschwindigkeit zuwege bringen, weil Kettenglieder sich immer um die Stifte schlagen, womit der Umfang der Rollen oder Trommeln, um welche sie laufen, besetzt ist (denn ohne diese Einrichtung kann eine Kette die Bewegung viel weniger genau mittheilen, als ein Riemen). Die Formen der Ketten können sehr verschieden seyn, je nachdem die Trommeln groß oder klein sind. In Fig. 15, 16, 17 und 95 sind einige der gebräuchlichsten Formen angegeben.

Um die Bewegung auf große Entfernungen fortzupflanzen, besonders auch, wenn dabei beträchtliche Widerstände überwunden werden müssen, eignen sich Ketten nicht so gut als lederne Riemen; aber auf mittelmäßige Entfernungen verdienen sie den Vorzug und müssen bei sehr feinen Maschinen für kleine Abstände nothwendig statt der Riemen

oder Schnüre angewendet werden. Ein Beispiel, welches hierher Bezug hat, findet man in allen Uhrwerken, welche durch eine Feder bewegt werden.

3) Die Scheiben und Trommeln werden von Holz oder Blech gemacht, oder aus Eisen gegossen. Hölzerne Scheiben macht man massiv; wenn sie jedoch einen großen Durchmesser haben, richtet man sie der Leichtigkeit und der bequemern Handhabung halber so wie Räder ein, d. h. sie bekommen Felgen und Naben, welche durch Speichen mit einander verbunden sind. In wohlgeordneten Fabriken sind diese Naben und Speichen von Eisen und aus einem einzigen Stücke gegossen. Um die Speichen wird ein Band oder eine dünne Felge von Eisenblech gelegt, um das Biegen der hölzernen Reife zu verhindern, welche alsdann über den eisernen Reif oder Kranz gelegt werden und nachher auf der Drehbank die erforderliche Form bekommen. Die Anzahl der Speichen solcher Radscheiben kann häufig nicht weniger als acht seyn, damit der hölzerne Reif durch die Klemmung des Riemens nirgends sich biege.

Große Trommeln Fig. 92 müssen nothwendig aus einer Verbindung von Scheibenrädern zusammengesetzt werden. Man verfertigt auch die ganze Radscheibe aus Gußeisen. Das Schwierigste ist alsdann aber, die Felgen so dünn zu gießen als möglich, damit das Rad nicht zu schwer werde, obschon alsdann auf der andern Seite nun auch weniger Speichen nöthig sind, als bei hölzernen Kränzen.

Die langen runden Trommeln Fig. 94 dürften selbst vom leichtesten Holz häufig zu schwer werden; darum werden sie zusammengesetzt aus vielen Reifen dünnen Holzes oder Spahn, die man sehr genau auf den blechernen oder hölzernen Umfängen von drei oder mehr Rädern zusammensetzt, die von A bis B fest auf der Welle ab sitzen. Die Rolle oder

Trommel wird dadurch hohl und nach Verhältniß der Länge AB sehr leicht. Man braucht dergleichen lange Trommeln gerade nicht immer rund zu machen; ein zwölfeckiges Prisma würde z. B. dem Zweck eben so gut entsprechen, als ein kreisförmiger Cylinder, und dabei bei weitem nicht so schwierig zu verfertigen seyn, als der letzte.

Wenn die Bewegung sanft auf viele, wenig Widerstand entgegensetzende Körper zugleich übergetragen werden soll, so macht man sehr häufig Gebrauch von hohlen, sehr leichten Blechcylindern, welche dann die Bewegung durch Laufbänder aus Sahlband den genannten Körpern mittheilen.

4) Riemen und Seile besitzen immer eine gewisse Steifigkeit, oder Unbiegsamkeit, die um so weniger bemerkt wird, je größer die Umfänge sind, um welche sie laufen. Man muß deshalb die Durchmesser der Scheiben niemals zu klein nehmen, oder vielmehr dieselbe immer mit der Dicke der Riemen oder Seile einigermaßen in Verhältniß zu bringen streben, denn mit dieser Dicke nimmt die Steifigkeit zu. Um die Bewegung einer Welle einer andern mitzutheilen ohne Veränderung der Geschwindigkeit, muß man den Scheiben, wenn man einen ledernen Riemen von 4 bis 5 Linien Dicke anwendet, wenigstens einen Durchmesser von zwei Palmen geben, und es müssen deshalb, um die Geschwindigkeiten zu verändern, die andern Scheiben nach Verhältniß größer genommen werden. Diese Durchmesser nehmen jedoch ab, wenn die Riemen dünner werden und zwar beinahe in demselben Verhältnisse. Bei Seilen findet dieses nicht statt. (Siehe Theil 1. Abth. 2. Kap. 3.)

Die Dicke der Scheiben richtet sich natürlich nach der Dicke der Seile, oder nach der Breite der Riemen, und es müssen für diese letzten die Um-

fänge der Scheiben immer etwas breiter genommen werden, als die Riemen, die man häufig nach der Dicke des Leders bestimmt; denn um Leder von mehr als gewöhnlicher Dicke zu bekommen, muß dasselbe verdoppelt werden, und diese Mühe kann man manchmal ersparen, wenn man eine größere Breite nimmt, als man berechnet hat, so daß die Oberfläche des Querdurchschnittes und folglich auch die Stärke alsdann dieselben bleiben.

5) Die Seile oder Riemen müssen, um die Bewegung mit der erforderlichen Geschwindigkeit fortzupflanzen, eine gewisse bestimmte Spannung haben. Wenn man diese durch Versuche, d. h. durch die Erfahrung regulirt hat, so darf man diese Spannung nicht überschreiten, weil dadurch die Seitendrucke der Scheiben oder der Trommeln gegen ihre Wellen auf eine nutzlose Weise vergrößert werden. Zu gleicher Zeit nehmen auch die Schwankungen des Riemens oder der Seile zu, und diese können häufig den zu treibenden Theilen der Maschinen auf eine in jeder Hinsicht nachtheilige Weise sogar mit Stößen mitgetheilt werden.

6) Die Anwendung lederner Riemen, um Maschinen eine kreisförmige Bewegung mitzutheilen, ist viel ausgebreiteter, als diejenige der Zahnräder; sie können jedoch nicht überall die Stelle der Zahnräder ersetzen, eben so wenig als diese mit gleicher Ersparniß an Kraft und mit gleicher Einfachheit der Einrichtung die Scheiben mit Riemen ohne Ende überall ersetzen können, die übrigens auch bei weitem wohlfeiler sind, als die Zahnräder. Der Leser wird dieses in der Folge weit besser einsehen, aber eine Angabe der Vortheile und Nachtheile, die mit den Scheiben, welche durch Riemen, Schnuren u. s. w. getrieben werden, verbunden sind, kann für diesen Zweck ebenfalls förderlich seyn.

a) Die Fortpflanzung der Bewegung durch Riemen u. s. w. ist viel sanfter, als diejenige durch Zahnräder; denn wie genau dieselben auch verfertigt seyn mögen, so können doch bei der Mittheilung der Bewegung nachtheilige Stöße stattfinden.

b) Man kann bequemer und mit weit weniger Stücken mittelst der Riemen u. s. w. die Bewegung nach allen Richtungen auf sehr große Entfernungen fortpflanzen und vielen Körpern zugleich mittheilen, als dieses jemals mit Zahnrädern ausführbar ist.

c) Wenn eine Welle, welche durch Zahnräder Bewegung empfängt, durch irgend einen Zufall gehindert wird, sich umzudrehen, während die bewegende Kraft in Wirksamkeit bleibt, so wird das Rad der andern Welle, welche die Bewegung fortpflanzt, sehr viel Gefahr laufen, zu zerbrechen. Bei Anwendung lederner Riemen kann auf diese Weise kein Zerbrechen vorfallen; die eine Scheibe wird bei dem Widerstande der andern vielmehr am Riemen hingleiten, oder den Riemen um die andere Scheibe schleifen lassen und denselben also mit sich in Bewegung erhalten.

d) Obschon man im vorhergehenden Falle das Räderwerk losmachen kann (wie gleich angegeben werden soll), um jedes Brechen zu verhüten, so kann man doch viel geschwinder und einfacher eine der Wellen der Bewegung entziehen, wenn man Scheiben mit ledernen Riemen u. s. w. anwendet, wie aus dem weiter oben Abgehandelten hervorgeht.

e) Jedoch haben die Wellen einen größern Druck zu leiden, wenn sie durch Scheiben mit Riemen u. s. w. getrieben werden, als wenn man dazu Räder anwendet; man müßte denn, um die Bewegung auf große Entfernung fortzupflanzen, viele Zwischenräder gebrauchen, deren Wellen viele Reibung verursachen.

f) Mit Räderwerk können die Geschwindigkeiten in richtigen Verhältnissen fortgepflanzt werden. Durch Scheiben mit Riemen, Schnüren u. s. w. geschieht dieses nicht; jedoch kann man dem wahren Verhalten sehr nahe kommen, wenn man wenig dehnbare Riemen anwendet; ja man bekommt die verlangten Geschwindigkeiten beinahe vollkommen, wenn man sich der Ketten bedient.

Beispiele von Maschinen, in welchen die Fortpflanzung der kreisförmigen Bewegung durch Scheiben und lederne Riemen, Schnuren, Darmsaiten u. s. w. vermittelt wird, giebt es in Menge, und wir können sie wegen dieses mannichfaltigen Gebrauches täglich vor Augen haben. Eine solche Fortpflanzung der Bewegung mittelst einer Schnur findet schon beim Spinnrade statt; bei der einfachen Maschine des Scheerenschleifers wird die geschwinde Umdrehung der Schleifsteine aus der langsamern Umdrehung des großen Rades mittelst eines Riemens abgeleitet, welcher seine Bewegung einer Scheibe von kleinerem Durchmesser auf der allgemeinen Welle der Steine mittheilt.

Das Rad des Seilers oder Reepschlägers liefert ein ähnliches Beispiel und zeigt zu gleicher Zeit, wie dieselbe Schnur einer Menge Spindeln mit Haken eine umdrehende Bewegung mittheilt, um die Hanffäden dadurch um einander zu drehen und Litzen zu bilden. Die genannten Bewegungen finden in einigem Abstande der Welle des großen Rades statt, doch liegen alle mit dem Rade in parallelen Ebenen. Bei den gewöhnlichen Drehbänken setzt der Drechsler eine kleine Trommel mit Scheiben von verschiedenen Durchmessern in Bewegung, und diese Umdrehung wird, je nachdem die auf der Drehbank zu behandelnden Stücke mehr oder weniger hart sind, mit kleinerer oder größerer Geschwindigkeit auf die Spin-

bel der Drehbank übergetragen durch Schnüre oder Darmsaiten. An dieser Spindel wird alsdann, wie allgemein bekannt, das zu bearbeitende Stück befestigt. Und wenn auch die Maschine dadurch nicht zusammengesetzter und theurer wird, so ist doch die Mittheilung der Bewegung durch Schnüre und Scheiben in der einfachen Drehbank vorzüglicher als die Mittheilung der Bewegung durch Räderwerk, weil, wenn die Drehstähle auf härtere Theile desselben Stück Holzes oder Metalles gerathen, immer Stöße stattfinden, die den Zahnrädern mitgetheilt werden, und sowohl für den Drechsler, als für sein Werkzeug empfindlich werden können. Diese Stöße verlieren sich jedoch und gehen bei Anwendung von Scheiben und Schnuren nicht weiter, weil diese Schnuren wegen ihrer Elasticität oder Dehnbarkeit dieselben nicht fortpflanzen können.

Drehbänke, welche der Drechsler nicht mittelst des Fußes, sondern durch ein Rad, welches besonders umgedreht werden muß, in Bewegung setzt, geben ein anderes Beispiel der Leichtigkeit, mit welcher die kreisförmige Bewegung in allen Graden der Geschwindigkeit durch das beschriebene Mittel erzeugt wird. Zusammengesetztere Drehbänke liefern noch treffendere Belege, es ist jedoch hier der Ort nicht, dieselben zu beschreiben; denn sie müßten dann doch, um keinen oberflächlichen Begriff von diesem nützlichen Werkzeuge zu geben, beurtheilt werden und dafür findet sich weiter unten eine bessere Gelegenheit.

In vielen landwirthschaftlichen Maschinen, wo durch die Bewegung eines fortlaufenden Rades andere Theile in Umdrehung gesetzt werden müssen, sind Scheiben mit Schnuren von unentbehrlichem Gebrauch, und man kann bei ihnen um so mehr dieses einfache Mittel anwenden, weil es nicht immer von großem Belang ist, die Geschwindigkeiten im

richtigen Maaße entstehen zu lassen, wie es durch Zahnräder möglich ist.

Ueberall wo es in Fabriken, wie auch anderwärts nicht auf eine höchst genaue Fortpflanzung der Geschwindigkeiten ankommt, kann man deshalb die Scheiben mit Riemen statt der Zahnräder benutzen. In den Oelmühlen z. B. werden die Rührstöcke (welche die erwärmte Oelsaat umrühren) durch drei Zahnräder in Bewegung gesetzt, welche die Bewegung der horizontalen Welle rechtwinklig auf die vertikalen Rührstöcke fortpflanzen. Wer mit dieser Sache bekannt ist, weiß auch, daß diese Fortpflanzung der Bewegung wegen einer verkehrten Einrichtung dieser Zahnräder nichts weniger als sanft zu seyn pflegt; wäre jedoch eine stoßende Bewegung hier für das Umrühren der Oelsaat von Nutzen, so würde man das Verlangte auf einem kürzern Wege und mit weniger Kosten erlangen, wenn man um eine Kehle der Welle eine Schnur laufen läßt und sie, wie aus Fig. 94* ersichtlich ist, um eine Scheibe L leitet, ferner um die Scheibe D laufen läßt, die mit dem Rührstecken verbunden ist. Jedoch muß hierbei auch nothwendig in Erwägung gezogen werden, ob in den Oelmühlen immer gute Gelegenheit vorhanden ist, die Scheibe L in einiger Entfernung von der Welle W gehörig anzubringen.

Oben ist bereits darauf hingedeutet worden, wie das beschriebene Mittel in Fabriken benutzt werden könne, um die aus der allgemeinen bewegenden Kraft resultirende Bewegung auf die anwesenden Maschinen, die in verschiedenen Werkstätten stehen, überzutragen. Dieses Beispiel der Anwendung des genannten Mittels ist höchst merkwürdig. In Betreff der Ordnung, in welcher die verschiedenen Maschinen in Bewegung gesetzt werden müssen, verdient bemerkt zu werden, daß sie zuerst auf Maschinen übergetragen wird, in

welchen vermöge der Art ihrer Arbeit und der Beschaffenheit der Stoffe, welche verarbeitet werden, keine oder sehr wenig Stöße stattfinden können; von diesen geht die Bewegung dann allmählig über auf Maschinen, die eine schwerere und schwierigere Arbeit zu verrichten haben; der Grund davon liegt auf der Hand; denn wenn man erst die schwereren Maschinen in Bewegung setzen wollte, bei welchen merkliche Stöße stattfinden, so würden diese Stöße den andern Maschinen, welche nachher die Bewegung empfangen, mitgetheilt werden können; obschon sie durch Seile und Riemen nur in geringem Grade empfangen und übergetragen werden, so können sie doch allerdings so merklich seyn, daß die erwähnten Seile oder Riemen dadurch in starkes Zittern und Schwanken gerathen, und dieses muß auch nothwendig auf andere Werkzeuge übergehen und besonders dann nachtheilig werden, wenn die Maschinen viel Räderwerk besitzen. Man geht alsdann, um dieses alles zu verhüten, in umgekehrter Ordnung zu Werke, und weil in einer Fabrik die leichtesten Maschinen in die obersten, dagegen die schwersten in die unteren Räume oder Werkstätten gesetzt zu werden pflegen, so wird daraus begreiflich, weshalb man häufig sieht, daß die Bewegung erst nach oben geht, von da nach unten u. s. w. (Vergleiche Fig. 72 und 73.)

15) Zweites Mittel. A) Wenn die Wellen, welche einander Bewegung mittheilen sollen, so nahe an einander liegen, daß die Anwendung von Scheiben mit Riemen ihre Schwierigkeit hat, oder hinderlich wird, oder einen Mangel an Genauigkeit zur Folge haben kann; und wenn zugleich auch das Räderwerk vermieden werden soll, so kann man häufig das Verlangte auf eine sehr einfache Weise erreichen, indem man zwei Scheiben mit ebenen oder etwas sphärischen Umfängen auf die genannten Wellen auf-

zieht, wo man alsdann, indem man die eine gegen die andere andrückt, dieser und ihrer Welle Bewegung mittheilen kann. Von diesem Mittel ist in der vorhergehenden Abtheilung Art. 2 bereits mit einem Worte Erwähnung gethan.

a) Die verschiedenen Modificationen dieses Mittels sind in Fig. 96 dargestellt. No. 1 dient zur Uebertragung der Bewegung in derselben Ebene und in parallelen Ebenen. No. 2 und 3 eignen sich für eine rechtwinklige Fortpflanzung, und No. 4 für eine stumpfwinklige Fortpflanzung der Bewegung in eine andere Ebene. (Diese Figuren stellen die verschiedenen stirnradartigen und Kegelscheiben auf derselben Seite dar.)

Für die rechtwinklige Uebertragung der Bewegung pflegt man meistens zwei stehende Scheiben A und B Fig. 96 No. 2 anzuwenden; die eine Scheibe B drückt dann während der Bewegung mit ihrer Peripherie gegen die ebene Seite der andern Scheibe A und setzt dieselbe dadurch in Umdrehung. Auch kann A mit der ebenen Seite auf die Peripherie von B wirken und auf diese Weise die Scheibe umdrehen.

Viele andere Modificationen dieser Einrichtung könnten hier noch angeführt werden, theils um die Bewegung in einer andern Richtung, oder auf einige Entfernung (die hier jedoch nur mäßig seyn kann) u. s. w. stattfinden zu lassen; da man jedoch für diesen Zweck die Einrichtungen, die zu demselben Behufe bei dem Räderwerke angewendet werden, nur nachzuahmen braucht, so erfordert dieses alles keine nähere Entwickelung. Als eine Nachahmung der inwendigen Zahnräder kann man z. B. auch inwendige Scheiben anwenden.

b) Die Geschwindigkeiten stehen hier wie bei dem vorhergehenden und folgenden Mittel im umgekehrten Verhältnisse zu den Halbmessern oder Durch-

messern der Scheiben, so daß man dadurch mit einer bestimmten Geschwindigkeit von der einen Welle eine verlangte Geschwindigkeit auf die andere übertragen kann. Es muß hier jedoch in Erwägung gezogen werden, daß die Geschwindigkeiten nie sehr groß seyn können, sondern in einem ungenauen Verhältnisse stattfinden; der gegenseitige Druck der Scheiben auf einander muß manchmal zu groß seyn, um Bewegung mitzutheilen, und deshalb kann man zwar bei langsamen Bewegungen die volle oder verlangte Geschwindigkeit fortpflanzen, aber bei einer sehr geschwinden Umdrehung bekommt die Welle, die bewegt werden muß, nach und nach eine immer geringere Geschwindigkeit, welche zugleich auch durch die alsdann stattfindende beträchtliche Abnutzung zuletzt ganz null werden muß, indem die eine Scheibe am Umfange der andern oder auf der Oberfläche derselben nur schleifen wird, ohne die Bewegung überzutragen.

Um die Geschwindigkeiten während der Bewegung zu verändern, kann man ähnliche Einrichtungen anwenden, als diejenigen, welche Art. 16 beim Gebrauch der Zahnräder angegeben werden sollen. Man hat jedoch, wenn die Bewegung rechtwinklig durch ungezahnte Scheiben Fig. 96 No. 2 fortgepflanzt wird, Gelegenheit, die Geschwindigkeiten während der Bewegung auf eine, diesem Mittel eigne Weise zu verändern, indem man nämlich die Welle ab entweder mittelst einer Feder eines Hebels, einer gezahnten Stange u. s. w. in der Richtung ihrer Länge beweglich macht; denn wenn dann die Scheibe B dadurch dem Mittelpunkte c der bewegenden Scheibe A näher gebracht, oder mehr von ihm entfernt wird, so muß sie natürlich durch den kürzern oder längern Hebelarm von A eine geringere oder größere Geschwindigkeit empfangen.

c) Um die Bewegung der einen Welle der Scheibe B Fig. 97 No. 1 einige Zeit lang zu unterbrechen, während A sich fortwährend bewegt, braucht man von A nur ein Segment a b abzunehmen, dessen Höhe gleich ist dem Wege, den A zurücklegen muß, ohne B mit in Umlauf zu versetzen. Haben die Scheiben eine rechtwinklige Richtung zu einander Fig. 96 No. 2, so muß in der bewegenden Scheibe A Fig. 97 No. 2 eine Auskehlung a b angebracht werden, die sich nach der Linie richtet, welche B Fig. 96 No. 2 auf A beschreibt, und welche so lang ist, als der Weg, den A ohne B zurücklegen muß. Sobald A mit dieser Auskehlung unter B kommt, so wird die Berührung der Scheiben und folglich auch die Bewegung von B aufhören.

Anmerk. Die Auskehlung oder die Rinne muß mit einer sanften Abschrägung beginnen und endigen, damit B nicht mit einem Stoße plötzlich in Bewegung gebracht werde. Bei konischen Scheiben wende man die Einrichtung an, welche für die stirnradartigen Scheiben so eben angegeben worden ist.

d) Die Bewegung der Scheiben kann durch Kuppelungen, Klauen, Bremsen, Sperrräder u. s. w. gehemmt werden, wie dieses sogleich für die Zahnräder angegeben werden soll.

B) Das beschriebene Mittel kann nicht unter die allgemeinsten gerechnet werden, da man durch dasselbe nur mäßige Geschwindigkeiten erzeugen und auch nur geringe Widerstände oder Lasten bewegen kann, weil im umgekehrten Falle die Klemmung der Scheiben gegen einander außergewöhnlich groß seyn muß. Diese Klemmung und der daraus entstehende Druck, den die Wellen zu ertragen haben, kann im Kleinen schon sehr beträchtlich seyn; er kann jedoch geringer seyn, sobald es nicht auf eine große Genauigkeit ankommt, und die Scheiben (die man für

Maschinen in Fabriken aus Eisen zu gießen und alsdann abzudrehen und abzuarbeiten pflegt) von Holz genommen werden können, welches in der Richtung der Querfasern zwar schön rund, jedoch nicht glatt, sondern so wie ein gehobeltes Bret abgedreht ist. Mit diesen kleinen Unebenheiten greifen die Umfänge der Scheiben dann etwas in einander und versetzen einander ohne viel Klemmung in Umdrehung. Sobald der Druck der Scheiben gegen einander zu viel zunimmt, kann man die Reibung vergrößern und dadurch dann die Mittheilung der Bewegung leichter machen, wenn man die Scheiben mit Streifen von feinem sämischgahren Leder umwickelt. Sie werden dadurch zugleich auch dauerhafter, weil das Leder nur erneuert zu werden braucht, wenn es zu stark abgeschliffen ist.

Die sogenannten Bürstenbänke, oder vielmehr Spulenbänke, welche in den Baumwollenspinnereien dazu dienen, die ersten gröbern Baumwollenfäden auszuziehen, liefern ein Beispiel von der Anwendung des beschriebenen Mittels. In kleinen und leichten Maschinen kann man dasselbe mit Vortheil anwenden, um die Bewegung einfach fortzupflanzen. Man kann es bei den landwirthschaftlichen Maschinen benutzen u. s. w. Einige Kinderspielzeuge, in welchen eine Fortpflanzung der kreisförmigen Bewegung stattfinden muß, enthalten auch Anwendungen desselben Mittels.

16) Drittes Mittel. A) Zahnräder. Die Wirkung derselben und die Art, wie man mit ihnen die Bewegung fortpflanzt, ist aus der vorhergehenden Abtheilung bereits hinlänglich bekannt, so daß jetzt blos die Eigenthümlichkeiten erwähnt werden sollen, welche ausschließlich zur Fortpflanzung, Mittheilung und Hemmung der Bewegung benutzt werden.

a) Um Bewegungen in derselben Ebene fortzupflanzen, wendet man, wie bekannt, Stirnräder an. Wenn zwei Zahnräder, seyen es nun Stirnräder, oder Kegelräder, auf einander wirken, so muß das eine Rad nach einer umgekehrten Richtung bewegt werden, wenn sich das andere in einer geraden Richtung umdreht. Soll die abgeleitete Bewegung in derselben Richtung stattfinden, in welcher die ursprüngliche Bewegung wirksam ist, so kann man dieses ohne ein drittes Rad, zwischen die beiden andern gestellt, nicht erlangen. Dieses dritte Rad muß alsdann der Entfernung der beiden Wellen, die einander Bewegung mittheilen sollen, und den Geschwindigkeiten entsprechend, mit welchen diese Wellen sich umdrehen sollen, angebracht werden.

Sind z. B. die beiden Wellen einander sehr nahe, so setze man Fig. 98 das dritte oder Zwischenrad C über, oder unter die beiden andern Räder A und B, so daß A dem Rade C, und C dem Rade B Bewegung giebt; denn wenn C zwischen A und B gesetzt wird, so können die Räder zu klein werden, da man eine um so genauere Wirkung hat, wenn die Räder größer sind. A und B müssen dann so groß wie möglich genommen werden; folglich muß C zwar zwischen A und B liegen, aber mit seinem Mittelpunkte über oder unter der **Mittelpunktslinie** von A und B.

Man kann ohne ein drittes oder ein Zwischenrad die Bewegung von A auch auf B in derselben Richtung, mit derselben, oder mit einer andern Geschwindigkeit mittheilen, indem man Fig. 99 eine gezahnte Stange C anwendet. Auf diese Weise wird die Bewegung von A erst in eine geradlinige Bewegung verwandelt, und diese geradlinige Bewegung von C erzeugt wieder eine kreisförmige Bewegung des Rades oder der Welle B. Für eine abwech-

selnde kreisförmige Bewegung ist dieses Mittel jedoch besser geeignet, als für eine anhaltende kreisförmige Bewegung, da dann die Bewegung sehr langsam oder die gezahnte Stange sehr lang seyn muß, in welchem letzten Falle die Einrichtung Schwierigkeit oder Behinderung erzeugen kann.

Manchmal tritt der Fall ein, daß eine der Wellen während der Umdrehung vorwärts oder rückwärts gerückt werden muß; man muß alsdann dem Rade dieser Welle die nöthige Breite geben, um während der Verrückung seiner Welle immer mit dem andern Rade in Wirkung bleiben zu können. Dieses Rad bekommt dann Fig. 100 die Gestalt eines langen gezahnten Cylinders A (unter I, B weiter unten wird ein Beispiel einer solchen Verschiebung gegeben).

b) Die Fortpflanzung der Bewegung in verschiedenen Ebenen wird durch kegelförmige und schräg gezahnte Räder, wie auch durch die Schraube ohne Ende bewerkstelligt (man vergleiche die vorhergehende Abtheilung). Man kann diese Mittheilung der Bewegung jedoch auch bewirken durch zwei Stirnräder und zwei gezahnte Stangen Fig. 101, welche aus einem Stücke gegossen sind, und deren Zähne mit einander einen geraden oder einen stumpfen Winkel bilden, je nachdem die kreisförmige Bewegung rechtwinklig oder stumpfwinklig fortgepflanzt werden muß. Dieses Mittel eignet sich jedoch besser für die abwechselnde kreisförmige, als für die anhaltende kreisförmige Bewegung, es müßte denn letztere langsam und von kurzer Dauer seyn. Auch kann man in einigen Fällen die Bewegung rechtwinklig und schräg fortpflanzen, wenn man Gebrauch macht von dem sogenannten Verbindungskreuz, wovon unter den Angaben über die Verbindungsarten der Wellen so-

gleich gehandelt werden soll; die Fig. 120 und 122 haben hierauf Beziehung.

c) Die Fortpflanzung der Bewegung auf verschiedene Entfernungen geschieht:

1) Auf die Weise, daß man die Entfernung des einen Rades vom andern mit Zwischenrädern anfüllt;

2) Dadurch, daß die Bewegungen mit rechtwinkligen oder schrägen Rädern, und durch Verlängerung der Wellen fortgepflanzt werden.

Eins dieser Mittel muß man nach Umständen wählen, jedoch immer so viel wie möglich mit Vermeidung rechtwinkliger und schräger Fortpflanzung; und wo dieselben nothwendig bestehen müssen, darf man die Kegelräder nicht zu klein im Durchmesser nehmen. Wo man Stirnräder zu den Zwischenrädern verwenden kann, besitzen sie immer den Vorzug vor Kegelrädern oder Kronrädern; jedoch kann die Entfernung, auf welche die Bewegung fortgepflanzt werden soll, häufig so groß seyn, daß man wohl genöthigt ist, Kronräder und lange Wellen anzuwenden.

Um deshalb Fig. 73 und 102 die Bewegung der Wellen des Rades P der Welle des Rades S mitzutheilen, welche mit der ersten Welle parallel läuft, kann man bei einer mäßigen Entfernung dieser Wellen ein oder zwei Stirnräder als Zwischenräder anwenden. Man hat dann eine oder zwei andere Wellen nöthig, welche einen oder zwei besondere feste Stützpunkte erheischen. Wenn man diese nicht schicklich anbringen kann, oder wenn die Entfernung zu groß ist, oder wenn zwischen den beiden Wellen eine Wand oder eine Decke liegt, in welche man eine zu große Oeffnung machen müßte, so wird die Fortpflanzung der Bewegung durch vier Kegelräder P, Q, C und S und eine lange Axe oder Welle a b (welche in dem letztgenannten Falle durch

eine kleine Oeffnung der Mauer oder der Decke läuft) eine viel einfachere Einrichtung geben.

Fig. 103 stellt dar, wie zwei Wellen ab, cd, die einander parallel laufen, von denen die eine aber nicht weiter, als c reicht, einander Bewegung mittheilen durch eine Zwischenwelle CD und vier ebene Zahnräder B, C, D, A. Zwei rechtwinklige Uebertragungen der Bewegung auf Entfernungen in der horizontalen und in der vertikalen Richtung sind in den Figuren 104 und 105 angegeben. In Fig. 105 wird vorausgesetzt, daß die abgeleitete Bewegung sehr langsam seyn müsse. Dazu kann die Schraube ohne Ende benutzt werden; zwei dergleichen langsame Bewegungen, die in entgegengesetzten Richtungen stattfinden müssen, können auf diese Weise durch dieselbe Welle erzeugt werden, wenn man eine rechte und eine linke Schraube ohne Ende an die Welle bringt. Diese Schrauben müssen jedoch mit der äußersten Genauigkeit verfertigt werden, ohne welche diese doppelte Bewegung mit merklichen Stößen stattfinden, oder vielleicht ganz und gar behindert werden dürfte.

Die Art, wie die kreisförmige Bewegung von den Flügeln einer Windmühle einem Wasserschöpfrad F Fig. 106 mitgetheilt wird, kann auf folgende Weise sich erklären lassen: Die schräge Welle AB des Mühlenkreuzes theilt durch zwei Kronräder C und D die Bewegung oben in der Mühle der stehenden langen Spindel ab mit, welche durch zwei rechtwinklige Räder D und E in der Mühle die Welle cd des Schöpfrades in Umdrehung versetzt u. s. w.

Anmerk. Dieses Beispiel dient hier blos, so wie alle andern zur Erläuterung; denn über die Wirkung des Schöpfrades und über andere Arten, wie man eins oder mehrere dieser Wasserschöpfräder

zugleich, oder besonders, in Bewegung setzen kann, soll hier nicht gehandelt werden.

Das Mittel, um die kreisförmige Bewegung mit Räderwerk (d. h. ohne Scheiben mit Riemen u. s. w.) auf große Entfernung fortzupflanzen, besteht allgemein in der Verlängerung der Wellen. Diese müssen für mäßige Längen aus einem einzigen Stück Holz, oder Eisen bestehen, jedoch muß man dieselbe sehr häufig mit verschiedenen Stücken verlängern, sobald die Entfernungen nicht mehr mäßig sind, oder andere Umstände dieses vorschreiben. Wir haben schon in Kürze in Art. 79. Abth. I der Verbindungen der Wellen Erwähnung gethan. Dieser Stoff muß jedoch hier wiederholt und in seinem ganzen Umfange entwickelt werden.

Ueber die Verbindungen der Wellen.

Man muß die verschiedenen Verbindungsarten der Wellen unterscheiden, je nachdem die Wellen horizontal liegen, oder schräg und vertikal stehen, während bei den horizontalen Wellen noch Rücksicht genommen werden muß auf die Verbindungen mit einem und mit zwei Unterstützungspunkten. Wir wollen den Anfang damit machen, uns über die Verbindungen mit einem Unterstützungspunkte zu verbreiten.

I. Fig. 107 No. 1. Bei Anwendung von nur einem Unterstützungspunkte, oder von einem Zapfenlager oder einer Pfanne K wird die Tracht der Wellen am gleichmäßigsten seyn, wenn man die Verbindung im Halse BC der Wellen AB und BCD selbst anbringt. Der Hals jeder Welle muß alsdann wie eine Kuppelung Fig. 107 No. 3 ausgearbeitet werden; jedoch außerdem, daß diese Verbindung durch die Schwächung der Hälse nicht sehr

stark ist, wird sie durch Abnutzung und durch den Spielraum beider Hälse in der Pfanne u. s. w. sehr bald ungenau.

Fig. 107 No. 2 giebt einen Durchschnitt eines halben Halses, und in allen folgenden Figuren sind die Hälse und Pfannen nicht im Aufriß und Grundriß, sondern größerer Deutlichkeit halber im Durchschnitte dargestellt.

II. Die Verbindung kann ferner außerhalb des Unterstützungspunktes stattfinden. Die einfachste Art davon besteht darin, daß man Fig. 108 das Ende BD des Halses einer Welle viereckig arbeitet und dasselbe außerhalb der Pfanne unmittelbar in eine genaue viereckige Büchse einschließt, welche für diesen Zweck in die Welle, oder vielmehr in das Verlängerungsstück BC gestemmt ist. Größerer Festigkeit halber kann man alsdann noch den Zapfen BD durch einen Schraubenbolzen ab mit der genannten Welle BC verbinden. Wenn die Wellen sehr leicht sind und wenig Torsion oder Seitendruck auszuhalten haben, so kann diese einfache Verbindung sehr gut seyn; jedoch für große Torsion oder großen Druck ist sie nicht ausreichend, man müßte denn zwei Unterstützungspunkte, nämlich für jede Welle zwei Pfannen, anwenden. Die in Fig. 95 Taf. III. der ersten Abtheilung angegebene Verbindung ist der so eben beschriebenen ähnlich.

III. Fig. 109. Wenn man die Wellen mit einem Zahne a und b auf einander blattet und dieselben mit zwei Schraubenbolzen cd und ef zusammenhält, so bekommt man eine Verbindung, die sehr einfach ist, aber nicht für leichtes Räderwerk, wo die Wellen nur einen einzigen Unterstützungspunkt haben, angewendet werden kann, weil die ganze Tracht und die Torsion allein auf die Schraubenbolzen cd und ef fällt und deshalb nur

auf zwei kleine Strecken vertheilt wird. Dabei können die Schraubenmuttern der Bolzen auf die Dauer nicht fest bleiben, und sobald sie nur einigermaßen locker werden, so ist die Genauigkeit der Wirkung unterbrochen.

IV. Die doppelten Büchsenverbindungen Fig. 110 bis 114 besitzen nicht den Fehler der vorhergehenden und können deshalb mehr im Großen angewendet werden. Man hat verschiedene Arten derselben: Fig. 110 stellt die einfachste derselben in No. 1 im Aufriß und in No. 2 im Durchschnitte dar. Zuerst greifen die Wellen, die man sich hier viereckig denken muß, mit einem Zapfen und einer Büchse B in einander; alsdann werden sie von einer losen Hülse D E umfaßt, und endlich mit zwei quer durchlaufenden Schraubenbolzen a und c an diese Hülse geschlossen. Die viereckigen Wellen sind also in eine viereckige Büchse geschlossen und können bei einer gehörigen Länge derselben (die man so lang als möglich nehmen muß) nicht locker werden, während die Tracht und die Torsion wenigstens auf zwei gegenüber liegende lange Rippen der Büchse einwirkt, was bei allen Verbindungen von viereckig in viereckig der Fall ist. Die Büchse oder Hülse muß von Gußeisen seyn; sie kann aus einem Stücke bestehen und also über die Wellen geschoben werden. Dieses giebt die stärkste Verbindung; aber sie verlangt eine höchst genaue Verfertigung. Weniger genau und stark wird die Hülse, aber dagegen viel leichter zu verfertigen, wenn man sie aus zwei Hälften Fig. 110 No. 3 bestehen läßt, welche um die Wellen mit Flantschen an einander gelegt und dann durch einige Schraubenbolzen fest verbunden werden.

Anmerk. No 3 ist ein senkrechter Durchschnitt der Hülse, so wie sie um die Welle sitzt.

V. Man kann die Wellen auch auf einander blatten, dieselben dann mit einer Hülse, wie mit einem Bande, zusammen vereinigen und mit dieser Hülse durch Bolzen verbinden. Fig. 111 ist ein Durchschnitt dieser Verbindung. Indem man die eine Welle AB Fig. 110 No. 2 mit einem kurzen Zapfen B in die andere Welle BC einrückt, so ruhen die beiden Wellen während der Drehung immer auf einander; dieses ist bei der Verbindung Fig. 111 in keinem Augenblicke der Umdrehung der Fall, und deshalb ist sie dann auch weniger stark, als die vorhergehende.

VI. Man gebe der einen Welle AB Fig. 112 einen kurzen runden Zapfen B; der andern einen längern Zapfen CD; die Hülse bekomme die in der Figur bezeichnete Form, so daß sie sowohl die viereckigen Wellen, als auch die runden Zapfen einschließt und, wenn die Schraubenbolzen herausgenommen sind, längs der andern Welle CDE zurückgeschoben werden kann: so wird man bei der größern Länge dieser Hülse eine gute Verbindung haben, die vor andern den Vorzug verdient, wenn eine der Wellen zur Ausbesserung, Entkuppelung u. s. w. gehoben werden muß, ohne daß man dabei die andere Welle zurückzuschieben oder zu heben braucht; denn es ergiebt sich deutlich aus der Figur, daß, wenn man die Hülse von C nach E verschiebt, sie von der Welle AB abgehen muß. Diese Welle wird dann frei und kann gehoben werden, sobald man die andere CE, die nur einen Unterstützungspunkt hat, alsdann so lange unterstützt.

VII. Man kann Fig. 113 eben so, wie man viereckige Verbindungshülsen anwendet, auch runde Hülsen gebrauchen. Diese leisten weniger, als die viereckigen (wiewohl sie, an und für sich betrachtet, stärker sind); denn die runden Hülsen umschließen

blos die Wellen, verbinden sie aber nicht. Dieses thun die beiden Schraubenbolzen a und b, auf welche deshalb alles ankommt. Wenn man jedoch Fig. 114 die Welle mit Schwalbenschwanzrippen a, b, c, d u. s. w. versieht und diese in ähnliche Vertiefungen der Hülse schließt, so wird man eine besonders starke Verbindung bekommen, aber sie ist sehr mühsam herzustellen.

Es befördert die Stärke der Verbindungen mit Hülsen, daß man dieselben, ohne die Wellen zu sehr zu belasten, so dick als möglich mache. Alsdann kann weniger Verdrehung oder Verbiegung an der Stelle der Verbindung entstehen. Auch muß man die Verbindungen stets in Oel erhalten, wobei sie länger in gutem Stande bleiben, und dies letztere gilt im Allgemeinen für alle Verbindungsmittel.

VIII. Fig. 115 No. 1. Die Verbindung kann auch auf die Weise bewerkstelligt werden, daß man an den Enden der Wellen AB und CD zwei ebene runde Platten EF anbringt, welche durch die nöthige Anzahl von Schraubenbolzen zusammengehalten werden. Die Wellen selbst müssen über dieses mit Zapfen und Zapfenloch a Fig. 115 No. 2 in einander greifen. Da jedoch der größte Theil der Tracht und der Torsion auf die Schraubenbolzen fallen muß, so wird die Verbindung durch die Verbiegung dieser Bolzen oder durch die Abnutzung der Bolzenlöcher an Genauigkeit und an Stärke verlieren und eignet sich darum weniger für eine dauerhafte Thätigkeit der Wellen. Jedoch verhindert man das Verdrehen der Bolzen zum großen Theil, wenn man, wie in Fig. 117, die Platten oder Scheiben mit Zähnen oder Klauen a versieht, denn dadurch werden die Unterstützungspunkte der Verbindung vermehrt.

Anmerk. Obgleich die Verbindung am stärksten ist, wenn die Platten oder Scheiben mit den

Wellen aus einem Stücke bestehen, so kann man dieses jedoch nicht immer nach Willkühr haben; darum müssen sie manchmal, gleich den Hülsen und Kuppelungen, lose auf den Wellen sitzen und erst mit Keilen festgestellt werden, wenn die Wellen rund sind; an viereckigen Axen oder Wellen sitzen sie ohne weiteres schließend, weil aber in Folge der Torsion immer Abnutzung stattfindet, so nimmt der gute Schluß nach und nach ab, so daß es alsdann auch bei viereckigen Wellen rathsam ist, den guten Schluß der Platten durch eingezogene Keile zu vermehren.

Das beschriebene Mittel ist für kurz dauernde Verbindungen von Stücken oder Wellen sehr geeignet, und man macht davon Gebrauch bei Drehbänken Fig. 116 No. 1, um einer Welle AB, welche ganz, oder zum Theil umgedreht werden muß, eine kreisförmige Bewegung mitzutheilen. Durch eine oder die andere bewegende Kraft wird einer Welle oder Spindel ab mit einer Trommel C Bewegung mitgetheilt; außerhalb der Unterstützungspunkte oder Pfannen E, F ist eine Scheibe GH (siehe auch Fig. 116 No. 2) fest mit der Welle ab verbunden und dreht sich also mit derselben um. Das Stück AB, welches bearbeitet werden soll, ist zwischen einen konischen Zapfen der Scheibe GH und einen andern I gespannt, welcher durch eine Schraube, je nach der Länge der Stücke AB vorwärts und rückwärts bewegt werden kann; dreht sich nun die Scheibe GH, so wird sich AB nicht mit umdrehen (weil das zu bearbeitende Stück nur zwischen zwei Spitzen gespannt ist, um welche es sich allein wie um zwei Zapfen drehen kann), und wenn dieses der Fall seyn soll, so muß man auf AB eine andere Scheibe oder vielmehr einen Bügel cd befestigen, welcher dann wiederum durch Schraubenbolzen ef, gh u. s. w. fest mit der Scheibe GH verbunden

wird, sobald ab die Bewegung auf AB fortpflanzen soll.

IX. Eine Verbindungsart, welche alle vorhergehenden an Stärke übertrifft, dabei aber viel Mühe und Arbeit erheischt, ist folgende: Die Wellen AB und BC Fig. 118 No. 1 (diese Figur ist ein Durchschnitt der fraglichen Verbindung Fig. 118 No. 2) sind wie gewöhnlich durch Zapfen und Zapfenloch B in einander gefügt; an der Stelle ihrer Vereinigung sind sie von einem dicken ringförmigen Stück D, D umgeben (siehe auch Fig. 118 No. 3), mit welchem kreuzweise 4 Klauen E, E, E, E verbunden sind. Diesen Ring umgeben zwei Hülsen FF, GG, von denen eine mit der Axe oder Welle AB fest verbunden ist, während die andere viereckig auf viereckig längs der Welle BC verschoben werden kann und also ein besonderes Stück ausmacht. An der Stelle der Klauen E sind in diesen Hülsen Ausschnitte, in welche die genannten Klauen passen, so daß die Hülsen dann um diese Klauen an einander schließen können. Durch diese Klauen, und also ohne Schraubenbolzen, die locker werden können, theilen die Wellen einander Bewegung mit und werden unverrückbar an einander und zusammengehalten durch die Verzapfung B, so wie durch die Hülsen DD, FF und GG. Alle diese Stücke gewähren eine starke Verbindung und eine genaue Mittheilung der Bewegung.

Die gewöhnlichen Hülsenverbindungen Fig. 110 bis 114 werden sehr viel in Fabriken angewendet, um längs der Decken von dem einen Ende einer Werkstätte bis zum andern alle die Wellen zu bewegen (diejenigen, auf denen die Scheiben und Trommeln sitzen Fig. 73), welche durch Laufbänder und Riemen die Bewegung auf verschiedene Maschinen fortpflanzen sollen. Da alle diese Wellen in

derselben Richtung liegen, so werden sie alsdann durch Hülsen außerhalb jedes Stützpunktes mit einander verbunden. Dieses ist in der That die einfachste Verbindungsweise und auch im genannten Falle von hinlänglicher Stärke, sobald man nur die verschiedenen Verlängerungsstücke oder Wellen nicht zu lang nimmt, in welchem Falle sie auch dicker werden müssen. Eine Länge von 4 Ellen scheint im Durchschnitte wohl das Maximum zu seyn.

Die übrigen Verbindungen Fig. 115 bis 118 haben vor den andern voraus, daß die Punkte E, in welchen die Bewegung der einen Welle der andern mitgetheilt wird, entfernter vom Mittelpunkte der Wellen liegen, als es bei den einfachen Hülsenverbindungen der Fall ist, und dieses verursacht einen weniger merklichen Effect der Torsion; auch wird, da die Hülsen mit den Wellen als ein Ganzes betrachtet werden können, der Körper der Welle an der Verbindungsstelle stärker, als bei Anwendung gewöhnlicher Hülsen. Dadurch eignen sich die Wellen dann auch mehr für vorkommenden Seitendruck.

X. Das vorhergehende Mittel kann viel einfacher eingerichtet werden, wenn die Wellen nicht schwer sind und keinen großen Druck fortzupflanzen haben, denn alsdann ist es ausreichend, die Wellen AB, CD u. s. w. Fig. 119 No. 1 und 2 an den Enden, wo sie verbunden werden sollen, mit Gabeln CGFE, HKBL zu versehen und diese rechtwinklig durch ein Verbindungsgelenk zu vereinigen. Die eine Welle AB wird sich dann nicht drehen können, ohne die andere CD zugleich mit umzudrehen.

Das Verbindungsgelenk oder Kreuz ist in No. 3 besonders dargestellt: es endigt an jedem Arm mit einem Zapfen a, b, c, d, welche in die Zapfenlager e, f, g, h der Gabelarme eingreifen. Für diesen

Zweck sind an den Enden der Gabeln Fig. 119 No. 1, 2 und 6 kupferne Lager k befestigt, welche von eisernen Bändern oder Bügeln b umgeben und in der gehörigen Stellung erhalten werden, während die genannten Bügel mit Stiften an den Enden der Gabeln befestigt sind. Wenn das Gelenk in der Gabel geschlossen werden soll, müssen die Stifte und Bügel abgenommen werden, damit die Zapfen a, b, c, d Fig. 119 No. 3 in die Lager b Fig. 119 No. 6 eintreten können. Ein Ring Fig. 119 No. 4, in dessen Umfang in Abständen von 90° vier Zapfen geschraubt sind, oder eine massive Kugel Fig. 119 No. 5 ebenfalls in ihrem Umfange mit vier übers Kreuz stehenden Zapfen versehen, können das Verbindungskreuz ersetzen, wenn die richtige Verfertigung desselben zu schwierig seyn sollte.

Mit einem Gelenke kann man viele Wellen in derselben Richtung sehr bequem an einander koppeln, ohne für jede derselben mehr als einen Unterstützungspunkt nöthig zu haben. Es ist indessen leicht einzusehen, daß diese Verbindungsart keineswegs die Stärke der vorhergehenden Fig. 118 besitzt, und da alles auf den vier Zapfen a, b, c, d beruht, nur gebraucht werden kann für leichte Wellen, die wenig oder keinen Seitendruck zu ertragen haben und nur einer geringen Torsion unterliegen.

Man gebraucht das allgemeine Verbindungsgelenk häufig statt der Kegelräder, um die Bewegung einer Welle A B Fig. 120 No. 1 und 2 fortzupflanzen auf eine andere Welle D H, welche mit der ersten A B zwar in derselben Ebene liegt, jedoch einen gewissen Winkel H B M bildet. Diese Bewegung findet statt, weil die Zapfen des Kreuzes sich in den Zapfenlagern der Gabelarme drehen können, und während also das Kreuz sich umdreht, kann einer der Arme, z. B. der Arm C E sich noch beson-

ders drehen in der Richtung von p nach C, und umgekehrt von C nach p, oder von q nach E.

Es ist vielleicht nothwendig, dieses für manche Leser noch besonders zu erläutern. Es sey für diesen Zweck AB Fig. 121 die eine Welle und DH die andere, welche, wenn sie verlängert wird, die Verlängerung der ersten Welle in einem Punkte O schneidet und mit AB einen Winkel HDOM bildet. Es sey aBb die Form der einen Gabel, cDd diejenige der andern Gabel; cd und ab seyen die Arme des Kreuzes, welche einander in O in ihrer Mitte rechtwinklig durchschneiden. Während der Umdrehung der Welle AB beschreiben die Enden a und b des entsprechenden Kreuzarmes ab dieser Welle den Umfang eines Kreises abcd, dessen Ebene folglich senkrecht auf der Welle AB steht. Die Enden c und d des Kreuzarmes cd der Welle DH werden ebenfalls im Umfang eines Kreises cedfc bewegt, dessen Ebene senkrecht auf der eben genannten Welle DH steht. Die Ebenen dieser Kreise sind deshalb wegen des schrägen Standes der Wellen verschieden und machen mit einander einen Winkel aOe, welcher gleich ist dem Winkel HOM zwischen den Wellen. Dieselben Ebenen schneiden einander nach der Linie cd. Die Linie aOb senkrecht auf die Mitte von cd angenommen, muß, wenn der Kreuzarm von AB in der Stellung ab sich befindet, der Arm der andern Welle DH die Stellung cd haben, und in diesem Stande der Wellen liegen also die Arme des Kreuzes in demselben Kreisumfang adbe. Aber sobald Bewegung eintritt, verfolgt cd den Umfang cedf, und ab den Umfang acbd; da nun der Kreuzpunkt O immer an derselben Stelle bleibt, so ist es nicht möglich, daß cd von der Ebene acbd abweiche, sondern der Arm ab muß sich um seine Zapfen in den Lagern der Gabel aBb drehen. Diese

Umdrehung ist eine abwechselnde; von c bis e (d. i. von 0° bis 90°) wächst die Abweichung und ist in e am größten; von e bis d oder von 90° bis 180° nimmt sie wieder ab und ist in d = 0; von d bis f wächst sie wieder und nimmt zuletzt von f bis c wie zuvor wieder ab.

Der Arm CE Fig. 120 weicht deshalb während der Bewegung von der Vertikallinie pq, welche senkrecht durch die Welle AB läuft, ab und nähert sich derselben alsdann wieder, so daß alsdann für diesen Zweck die Zapfen des andern Arms ab in den Zapfenlagern der Gabel aBb Fig. 120 No. 2 hin und her sich drehen müssen. Ohne diesen Umstand würden die Wellen einander unter einem gewissen Winkel keine umdrehende Bewegung mittheilen können, und die Zapfen des Kreuzes nebst den Zapfenlagern der Gabeln sind deshalb ganz besonders nothwendig. Wenn die Wellen keinen Winkel mit einander machen, sondern die eine als eine Verlängerung der andern besteht, Fig. 119, so können die Zapfen des Kreuzes eigentlich entbehrt werden, oder sie brauchen vielmehr nicht rund zu seyn, sondern können eine viereckige Form haben.

Weil nämlich in dem durch Fig. 119 bezeichneten Falle die Arme des Kreuzes immer in derselben Ebene bleiben, welche senkrecht durch beide Wellen läuft, so werden sie sich niemals um ihre Zapfen drehen, und diese sind also nicht absolut nöthig.

Man giebt jedoch auch in dem so eben erwähnten Falle den Kreuzarmen Zapfen, weil man doch immer in den Armen der Gabeln Zapfenlager haben muß. In jedem Falle gebe man dem Kreuz die größtmögliche Dicke und nehme die Zapfen etwas dünner, als die Kreuzarme, um zu verhindern, daß diese in den Zapfenlagern hin und her gleiten.

Obschon die schräge Fortpflanzung der Bewegung mittelst eines Gelenks eben so, wie die geradlinige, nur bei leichten Wellen anzuwenden ist, die wenig Seitendruck und Torsion zu ertragen haben, so ist in Bezug auf dieselbe noch zu bemerken:

1) Daß wenn die Geschwindigkeit der Welle A-B stete oder gleichförmig ist, die der andern Welle DH veränderlich wird; beide Wellen drehen sich zwar innerhalb derselben Zeit um, aber jeder vierte Theil des Kreisumfanges, den beide Kreuzarme beschreiben, wird vom ersten Arm gleichförmig zurückgelegt, während der andere Arm erst langsamer und dann geschwinder, und so umgekehrt, denselben Weg durchläuft. Die Ursache dieser Unregelmäßigkeit liegt in der beständigen Abweichung des einen Kreuzarmes von der Ebene, in welcher der andere bewegt wird.

Auf eine kleine Strecke, die man als geradlinig betrachten kann, beschreibt der abweichende Arm die Diagonallinie eines Parallelogrammes, welches den Raum zur Seite hat, der vom andern Arme gleichzeitig beschrieben worden ist, nebst der Quantität oder Länge der Abweichung. Auf diese letzte kleine Linie fällt die eben genannte Diagonale senkrecht.

2) Die Veränderlichkeit der Bewegung der einen Welle nimmt zu mit der Quantität der Abweichung ihres Kreuzarmes, und da diese letzte Größe zunimmt, wenn der Winkel zwischen den Wellen größer wird, so muß die Unregelmäßigkeit der Bewegung desto merkbarer werden, je mehr der Winkel, den die Wellen mit einander bilden, zunimmt.

Eine Berechnung lehrt, daß, wenn der Winkel größer wird als höchstens 45°, die genannte Unregelmäßigkeit zu groß ist, als daß man mit dem Verbindungskreuz oder Gelenk die Bewegung

in eine andere Ebene auf eine schickliche Weise übertragen könne. Es wird sogar eine solche Fortpflanzung unmöglich, wenn der Winkel der Wellen sich 90° nähert.

Man kann also, um die Bewegung einer Welle auf eine andere überzutragen, die mit der ersten einen Winkel macht, von dem Gelenke Gebrauch machen.

1) Wenn der Winkel zwischen den Wellen nicht groß ist, z. B. höchstens 30°; alsdann ist die abgeleitete Bewegung beinahe regelmäßig und die Kraft, welche zur Bewegung erfordert wird, während dieser Wirkung beinahe stetig. In diesem Falle kann man sehr gut die Bewegung einer Welle A B Fig. 120 einer andern Welle I K mittheilen, die mit A B parallel läuft und höher oder tiefer als dieselbe liegt, und zwar mittelst einer Zwischenwelle D H, (welche mit zwei Gabeln C D E, F G H versehen ist) die auf zwei Verbindungskreuze wirkt.

2) Auch kann man unter einem größern Winkel der Wellen, sobald er nur nicht über 45° beträgt, das Gelenk anwenden, wenn es dabei nicht darauf ankommt, daß die Bewegung der zweiten Welle, der dritten Welle u. s. w. etwas unregelmäßig sey.

Mit der Unregelmäßigkeit der Bewegung steht auch der ungleichmäßige Widerstand, den die bewegende Kraft zu überwinden hat, in Verbindung. Aus dieser ungleichmäßigen Wirkung der bewegenden Kraft können ferner Stöße entstehen, die auf einige Theile einer Maschine sehr nachtheilig wirken können. Darum muß man immer von dem äußersten Winkel von 45°, den die Wellen mit einander machen können, entfernt bleiben, und deshalb ist es selten rathsam, die Bewegung einer Welle A B Fig. 122 rechtwinklig auf eine andere Welle D E mittelst eines doppel-

ten Gelenkes BD, welches mit AB und DE Winkel DBC und BDC von 45° macht, überzutragen; denn die Bewegung muß dann sehr stoßend seyn, die Torsion kann beträchtlich werden u. s. w. Besser würde es dann seyn, unter drei Winkeln von 30° mit zwei doppelten Gelenken die Bewegung in einer senkrechten Ebene fortzupflanzen, und noch besser ist es immer, für diese Richtung von zwei Wellen rechtwinkliges Räderwerk oder Scheiben mit Riemen anzuwenden.

So weit über die Verbindungen der Wellen mit Anwendung eines Unterstützungspunktes an der Stelle der Verbindung.

Zwei Unterstützungspunkte sind erforderlich, wenn der Seitendruck sehr groß ist, — oder wenn er zu nahe an der Stelle der Verbindung stattfindet, so daß an dieser Stelle Verbiegung, Verdrehung u. s. w. stattfinden könnte, — oder wenn große Torsion der Wellen stattfindet, welche immer an den Verbindungspunkten um so mehr empfunden wird, je weniger diese unterstützt werden. Wo man es jedoch kann, da muß man immer die Anwendung von zwei Unterstützungspunkten vermeiden, weil einmal die Maschine weniger complicirt wird, und weil vornämlich beide Zapfenlager der mit einander verbundenen Wellen, wie auch die Zapfen derselben sich immer ungleich abnutzen, wodurch also beide Wellen sich ungleich senken, d. h. nicht mehr in derselben Höhe bleiben, während es, um die eine Welle regelmäßig ohne Stöße und ohne Rucke durch die andere in Umdrehung zu versetzen, die erste Bedingung ist, daß sie beide vollkommen in gleicher Höhe und in derselben verlängerten Richtung liegen müssen.

Bei Anwendung von zwei Unterstützungspunkten kann man auch sehr gut die Verbindungs-

hülsen anwenden, deren im vorigen Falle gedacht wurde. Dieselben verbinden die Wellen alsdann zwischen den beiden Unterstützungspunkten (siehe Fig. 123), und hinsichtlich der Wahl der verschiedenen Hülsen gilt dann dasselbe, was oben bei deren Beschreibung und Beurtheilung gesagt worden ist. Jedoch liegt es auf der Hand, daß bei zwei Unterstützungspunkten auch solche Hülsen angewendet werden können, welche bei Anwendung eines einzigen Unterstützungspunktes weniger anzuempfehlen sind; auch bedürfen hier andere Hülsen nicht die dauerhafte und sorgfältige Zurichtung, welche für den Fall eines einzigen Unterstützungspunktes der beiden Wellen höchst nöthig ist.

Die hauptsächlichsten Verbindungsarten der Wellen, sobald zwei Unterstützungspunkte an der Verbindungsstelle bestehen, sind folgende:

I. Fig. 124. Das Ende der einen Welle trägt eine Klaue AB, welche durch eine Gabel CD an der andern Welle angegriffen wird. Dieses findet an zwei entgegengesetzten Seiten statt. Deshalb wird die Umdrehung der einen Welle durch die andere sehr regelmäßig stattfinden. In der ersten Abtheilung dieses Theiles ist bereits von dieser Verbindung die Rede gewesen (siehe Taf. III. Fig. 96). Dieselbe eignet sich unter andern, um bei unvorhergesehenem Zurücklaufen einer der Wellen zu verhindern, daß die andere nicht sogleich mit umgedreht werde.

II. Fig. 125. CD ist eine Art von Klinge, welche mit einer Gabel C das Ende einer der Wellen AB umfaßt und an dieselbe Welle geschlossen ist durch einen Bolzen oder Nagel, um welchen sie sich drehen kann. Mit dem Ende der andern Welle GH ist sehr nahe am Ende der Welle AB eine Scheibe FE verbunden; sie besitzt nahe am Rande vier oder mehr vorragende Furchen oder Haken a, a, a, a;

dreht man nun die Klinge CD gegen EF, so wird sie, wenn während des Drehens von EF eine Rinne in dieser Richtung ihr gegenüber zu liegen kommt, in dieselbe eingerückt werden können, wodurch sie mit EF hinlänglich verbunden und genöthigt seyn wird, indem sie sich mit EF umdreht, zugleich auch die Welle AB mit umzudrehen.

Da das Eingreifen der Klinge in die Rinnen nur an einer Seite stattfindet (durch das Verbindungsstück von 124 findet dieses an jeder Seite der Wellen statt), und da die Klinge CD nur durch einen einzigen Bolzen mit der Welle AB verbunden ist, so kann das beschriebene Verbindungsstück nur bei langsamen Umdrehungen und wenn wenig Torsion vorhanden ist, angewendet werden; dieses ist dann auch sehr einfach und giebt eine sehr bequeme und schnelle Auslösung und Kuppelung der Wellen.

III. Fig. 126 No. 1 und 2. AB ist eine Klaue, oder auch wohl ein Rad, welches auf der einen Welle sitzt; an dem Ende der andern Welle sitzt eine Kurbel CD, welche mit der Klaue oder mit dem Rade AB durch eine dritte kleinere Kurbel EF verbunden ist. Diese Vereinigung findet statt durch zwei runde Zapfen oder Nägel C und E, um welche EF sich drehen kann. Die Zapfen E und C müssen nothwendig in derselben Entfernung von den Mittelpunkten der Wellen liegen, und es leuchtet von selbst ein, daß die Klaue oder das Rad AB bei seiner Umdrehung die Kurbel CD mit umdrehen und auf diese Weise die zweite Welle in Bewegung setzen müsse. Liegen die Wellen in derselben geraden Linie, so daß die eine gewissermaßen eine Verlängerung der andern bildet, so ist die zweite Kurbel EF überflüssig, und der Zapfen C kann dann unmittelbar durch die Klaue oder an das Rad AB befestigt werden; aber wenn die eine Welle, obschon ganz paral-

lel der andern, höher oder tiefer, oder der andern zur Seite gelegen ist, so zeigt sich die Kurbel EF von Nutzen: sie dreht dann den Zapfen E, zieht die Kurbel CD wechselsweise nach diesem Zapfen hin und stößt dieselbe wieder zurück. Auf diese Weise muß die Kurbel mit der Welle, an welcher sie sitzt, sich umdrehen.

Da häufig bei der eben genannten Stellung der Wellen die durch die Kraft zu überwindenden Widerstände und folglich auch die Torsion nicht groß sind, so kann diese Verbindung in Anwendung kommen, während sie im entgegengesetzten Fall als eine der unzweckmäßigsten erfunden werden würde, da die Kurbel EF beständig mit der Kurbel CD einen andern Winkel bildet, wodurch, um die letzte Kurbel durch erstere in Bewegung zu setzen, jedesmal eine verschiedene Kraft erforderlich ist. Auch wird jederzeit, wie gering sonst wohl die Widerstände seyn mögen, ein Schwungrad AB nöthig seyn, um die Bewegung zu reguliren. Ueber dergleichen Räder wird am Ende des gegenwärtigen §. gehandelt.

IV. Wenn man von dem Verbindungsstück Fig. 124 die untere Hälfte abnimmt, so entsteht eine Verbindung von zwei Kurbeln AB und CD Fig. 127 No. 1, die einander in Umdrehung setzen. Diese Einrichtung ist eine mechanische Nachahmung der Art und Weise, wie eine Kurbel durch die Hand eines Arbeiters in Umdrehung gesetzt wird; sie ist einfacher als diejenige der Fig. 124, doch letztere hat den Vorzug der Stärke, widersteht besser einer Torsion und bewirkt in jedem Augenblicke der Umdrehung einen gleichmäßigen Druck der Wellen in ihren Zapfenlagern.

Man hat in Vorschlag gebracht, die Kurbel, welche umdreht oder umgedreht wird, mit einem Gelenk b Fig. 127 No. 1, 2 und 3 zu versehen, so

daß der oberste Theil a umgedreht werden kann, wenn man denselben an die hintere Seite aeg drückt; diese Einrichtung (wodurch jedoch die Kurbel AB geschwächt wird), welche man auch bei der Fig. 124 dargestellten Verbindung an den beiden Enden der Klaue AB anwenden kann, dient hauptsächlich dazu, damit

1) wenn aeg Fig. 127 umgeschlagen ist, die Kurbel AB ungehindert unter die Klaue d der andern Kurbel CD passiren, oder daß die Kurbel CD sich drehen kann, ohne mit AD in Berührung zu kommen. Eine der Kurbeln muß alsdann in Ruhe bleiben, während sich die andere umdreht, und man kann auf diese Weise die Bewegung einer der Wellen nach Willkühr hemmen.

2) Um zu verhüten, daß, wenn die eine Welle unversehens zurückläuft, die andere nicht mit umgedreht werde, woraus Brüche u. s. w. entstehen könnten. Dem wird nun durch das bewußte Gelenk vorgebaut, da durch das Umdrehen einer der Kurbeln in entgegengesetzter Richtung die hintere Seite aeg des Gelenkes gegen die Klaue d der andern Kurbel sehr bald anstößt, oder von dieser Klaue gestoßen wird. Findet dieses statt, so schlägt das Gelenk mit einemmal zu, Fig. 127 No. 3. Die Berührung der Kurbeln hört auf, und eine der Wellen muß dann sehr bald in Ruhe kommen.

V. Zwei Scheiben Fig. 128 mit jeder Welle fest verbunden, kann man mit Einschnitten und Ansätzen a und b versehen, so daß dieselben in einander greifen, wenn die Scheiben an einander anliegen. Dergleichen Verbindungen werden im Allgemeinen Kuppelungen genannt. Sie sind bereits in der vorhergehenden Abtheilung Art. 73 erwähnt worden, weshalb blos eine Erwähnung dieser Stücke von mannichfaltigen Gebrauch jetzt ausreichend ist.

Mit zwei Ansätzen und Ausschnitten a und b Fig. 128 ist die Einrichtung vollkommen dieselbe, wie die in Fig. 124 angegebene; denn statt einer Klaue und Gabel sind hier nur zwei Scheiben, die jedoch der Verbindung eine größere Festigkeit geben. Mit drei und mehr Ansätzen Fig. 129 No. 1 und 2 wird die Verbindung wieder genauer und stärker. Da die Kuppelungen eingerückt und ausgerückt werden können, indem man blos eine derselben auf ihrer Welle zurückschiebt, so können sie zu gleicher Zeit auch benutzt werden, um die Bewegung einer der Wellen zu hemmen. Das Einrücken der Kuppelung findet jedoch nicht ohne einen Stoß statt, welcher mit der Geschwindigkeit der Umdrehung der in Bewegung befindlichen Welle zunimmt.

Dadurch, daß man die Ansätze oder Zähne dreieckig macht, Fig. 129 No. 3 und 4, verhütet man zu gleicher Zeit die Umdrehung der zweiten Welle in einer entgegengesetzten Richtung, wenn die andere Welle durch ein Uebermaaß von Kraft oder Last zurücklaufen sollte; es muß jedoch die Kuppelung der zweiten Welle alsdann längs derselben bewegt werden können. Wenn AB Fig. 129 No. 4 diese Kuppelung ist, so werden allerdings die Ansätze oder Zähne der andern Kuppelung am Zurücklaufen ihrer Welle gegen die schrägen Zähne der ersten Kuppelung drücken; die schiefen Flächen ab werden dann afficirt durch Kräfte, die zur Basis derselben eine parallele Richtung haben und hieraus muß eine Bewegung der Kuppelung AB entstehen, und diese kann nur längs der zweiten Welle entstehen, so daß die Verbindung aufgehoben wird.

VII. Der Verbindungskegel Fig. 80, welcher in Art. 15 beschrieben worden, kann hier auf dieselbe Weise benutzt werden, ist jedoch zur Fortpflanzung großer Drucke auf die Dauer weniger

geeignet, als um großen Torsionen Widerstand zu leisten.

Man kann auch die Verbindungen der Wellen auf eine ähnliche Weise bewerkstelligen, wie Scheiben oder Räder Fig. 76 bis 79 mit ihren Wellen fest verbunden werden. Die Fig. 130 giebt eine Skizze einer solchen Verbindung.

In Betreff der beschriebenen Verbindungsarten mit Kuppelungen, Klauen, Gabeln u. s. w. ist im Allgemeinen zu bemerken; daß sie vor Verbindungshülsen immer den Vorzug haben, weil sie wegen des größern Abstandes der Verbindungspunkte (wo diese Stücke in einander eingreifen, oder den Angriff haben) von den Mittelpunkten der Wellen der Wirkung der Torsion viel besser widerstehen, oder dieselbe in geringerm Maaße fortpflanzen. Die Kuppelungen Fig. 128 und 129 verdienen in dieser Hinsicht vor allen den Vorzug und sind auch im Großen zur Fortpflanzung mächtiger Drucke am tauglichsten.

Lange, schräge und vertikale oder stehende Wellen kann man auf dieselbe Weise wie die horizontalen oder liegenden Wellen aus einer Vereinigung von zwei oder mehr Stücken bestehen lassen. Es können dazu viele der oben beschriebenen Verbindungsarten mit gleichem Vortheil angewendet werden. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur die Figuren 131 bis 133 zu betrachten.

Fig. 131 stellt eine Verbindung zwei vertikaler Wellen durch eine Verbindungshülse A B dar, wobei außerdem die Wellen noch mit einer Verzapfung a in einander greifen. Ohne Verbindungshülse kann man die Wellen zusammenfügen, wenn sie keine große Torsion auszustehen haben, indem man dieselben für diesen Zweck blos mittelst einer viereckigen Verzapfung Fig. 132 No. 1 und 2 in einander greifen

läßt. Damit aber durch diese Verzapfung die Wellen an der Stelle der Verbindung nicht zu sehr geschwächt werden, so mache man die eine Welle AB Fig. 132 No. 3 an der genannten Stelle dicker, so daß die Verzapfung a dieselbe Dicke und Weite bekommen kann, welche die Wellen haben. Mit Kuppelungen und Ansätzen ist man auch im Stande, vertikale Wellen sehr fest zu verbinden, siehe Fig. 133. Bei diesen Verbindungen, die noch mit anderen vermehrt werden können, bemerke man, daß wenigstens eine der Wellen und zwar hauptsächlich die unterste an der Verbindung ein Halsband C erhalten muß, um unverrückbar in derselben vertikalen Stellung zu bleiben. Man kann auch in einigen Fällen um die oberste Welle gleich über der Stelle der Verbindung ein solches Halsband legen, doch wird dieses meistens nicht erfordert, es müßte denn die gedachte obere Welle wieder von einer dritten, noch höher gelegenen, Bewegung empfangen.

Schräg stehende Wellen muß man in den meisten Fällen sowohl über, als unter dem Verbindungspunkte durch Halsbänder stützen und in denselben sich bewegen lassen.

d) Die Geschwindigkeiten von zwei Wellen, die einander durch Räderwerk Bewegung mittheilen, stehen, so viel man weiß, in umgekehrtem Verhältnisse der Halbmesser oder Durchmesser der Räder, welche mit denselben verbunden sind; deshalb kann man aus der Bewegung einer Welle diejenige einer andern ableiten, in welchem Verhältnisse auch die Geschwindigkeiten der beiden Wellen begehrt werden mögen.

Die Geschwindigkeit der abgeleiteten Bewegung folgt derselben Regel, nach welcher die ursprüngliche Bewegung stattfindet, d. h. wenn die Geschwindigkeit der ersten Welle gleichförmig oder unregelmäßig

ist, so muß auch die Geschwindigkeit der zweiten Welle auf dieselbe Weise gleichförmig oder veränderlich (d. h. unregelmäßig) seyn.

Man ist bemüht gewesen, durch Räderwerk aus einer regelmäßigen oder gleichmäßigen kreisförmigen Bewegung eine andere abzuleiten, die nach einer gewissen bestimmten Art unregelmäßig seyn sollte, d. h. sie sollte sich entweder in jedem Augenblicke der Umdrehung, oder nach einem gewissen Zeitverlaufe der Bewegung auf eine bestimmte Weise verändern; aber die Räder, welche man dazu besonders einrichten muß, können nur dann gehörig wirken, wenn sie sehr feine Zähne haben, während dann auch der Druck, den sie einander mittheilen, sehr gering seyn muß. Diese Umstände beschränken die Anwendung solcher Räder gar sehr. Aus diesem Grunde und weil der Fall von der beständigen Veränderung der Geschwindigkeit während der Bewegung sehr selten eintritt, wollen wir von der erwähnten Einrichtung der Zahnräder keine besondere Beschreibung geben.

Jedoch kommt es bei der Einrichtung vieler Maschinen häufig vor, daß man einer gewissen Welle AB Fig. 134 und 135, welche ihre Bewegung von einer andern Welle CD empfängt, für verschiedene Zwecke verschiedene Geschwindigkeiten muß geben können, ohne die Geschwindigkeit der Welle CD deshalb zu verändern.

Fig. 134 giebt eine Skizze des Hauptsächlichsten der Einrichtung, durch welche die oben erwähnte Bedingung auf das Schleunigste und Einfachste erfüllt wird. abc sind drei Räder (es können mehr oder weniger solcher Räder vorhanden seyn, je nachdem man die Geschwindigkeit von AB auf mehrere Arten verändern will), fest mit der Welle AB verbunden und von so verschiedenen Größen, daß, wenn

jedes besonders durch die entsprechenden Räder d, e, f getrieben wird, die Welle AB dadurch die verschiedenen verlangten Geschwindigkeiten empfängt.

Die genannten Räder d, e, f laufen rund auf rund, d. h. lose auf der Welle CD; zwischen denselben ist die Welle CD viereckig, auch wohl mit zwei oder drei viereckigen vorragenden Rippen op, qr Fig. 134 No. 2 besetzt. Ueber diese viereckigen oder gerippten Theile kann man Kuppelungen E, F mit Ansätzen schieben, indem man die Hebel G, H umdreht. Wenn nun die Räder def mit Ausschnitten versehen sind, in welche die Ansätze der Kuppelungen passen, oder wenn sie auch Ansätze haben, um diejenigen der Kuppelungen zu ergreifen, so leuchtet es von selbst ein, daß man die Räder nach Willkühr mit der Welle CD verbinden und auch der Bewegung dieser Welle entziehen kann. Es sey deshalb e und f lose, und d fest, so wird d durch a die Bewegung der Welle AB auf CD übertragen; macht man d lose und e fest, während f lose bleibt, so wird e durch b die Bewegung der Welle CD mittheilen, jedoch mit einer andern Geschwindigkeit, als damals, wo d und a in unmittelbarer Wirkung waren u. s. w. Es läßt sich recht gut begreifen, daß, obgleich die losen Räder der Welle CD auch umgeführt werden durch die festen Räder der Welle AB, dieses nich tim Geringsten eine Behinderung der Bewegung seyn könne, blos schon deshalb, weil sie sich lose drehen und die Welle CD nicht verhindern können, selbst in einer umgekehrten Richtung sich umzudrehen.

Durch die beschriebene Einrichtung wird die Geschwindigkeit einer Welle während der Bewegung der andern sehr geschwind verändert. Man verliere jedoch nicht dabei aus dem Auge, daß, wenn die Welle CD in Bewegung ist, während man AB eine an-

dere Geschwindigkeit geben will, man alsdann das Auslösen und Einrücken der Welle mit Vorsicht bewerkstelligen muß, um den Effect der Stöße zu vermeiden.

Will man, oder kann man vielmehr die Bewegung einer der Wellen durch Scheiben und lederne Riemen erzeugen, so ist man auch immer im Stande, auf eine bequeme Weise die Geschwindigkeit der andern Welle nach Willkühr zu verändern; man vergleiche Fig. 89 und 90 und die gegebene Erklärung.

Man kann auch auf die Welle AB einige Räder E, G, H Fig. 135 No. 1 u. s. w. von verschiedenem Durchmesser aufziehen; wenn dann das Rad F der andern Welle CD mit diesen Rädern nachher in Wirkung gebracht wird, so wird die Bewegung der Welle AB mit so vielen verschiedenen Geschwindigkeiten sich äußern, als Räder E, G, H u. s. w. vorhanden sind. Dazu ist jedoch erforderlich, daß das Rad auf der Welle CD, oder die Räder auf der Welle AB verschoben und daß eine der Wellen der andern genähert werden kann; denn, um das Rad F z. B. mit dem Rade H, welches kleiner als das Rad E ist, in Wirkung zu bringen, muß F natürlich bis f verschoben werden, und dann muß die Welle CD noch in den Stand cd kommen, also der Welle AB genähert werden, damit die Zähne der Räder H und f in einander greifen können.

Das Verrücken von F ist leicht; wenn die Welle CD viereckig ist, braucht dazu keine besondere Einrichtung angebracht zu werden, man müßte denn nach dem Verschieben das Rad mit einem Vorstecknagel oder einer Lünze mit der Welle CD verbinden wollen, um das von selbst eintretende Verschieben verhindern zu wollen. Eine runde Welle kann man mit zwei oder drei Rippen für denselben Zweck versehen (siehe Fig. 134 No. 2). Manchmal bringt

man auch wohl an runden Wellen eine Auskehlung von einer gewissen Länge an (siehe bei a Fig. 135 No. 2, die einen Durchschnitt der fraglichen Welle darstellt) und in der Nabe des Rades eine entsprechende Rinne oder einen Falz; die Auskehlung kann halbrund (besser jedoch viereckig) seyn, jedoch der Falz in der Nabe muß viereckig seyn, um mittelst eines Nagels, welcher in die Auskehlung paßt und in der Rinne der Nabe sich festklemmt, an die runde Welle befestigt und von derselben ausgelöst werden zu können. Es ist jedoch die Verbindung noch stärker, wenn die runde Welle Rippen hat, welche in entsprechende Falze der Nabe passen; denn ein einzelner Keil rüttelt sich immer leicht los.

Man kann auf mehr als auf eine Weise die Wellen einander näher rücken, jedoch läuft alles auf zweierlei Arten hinaus, indem man nämlich

1) die Unterstützungspunkte oder Stühle einer oder beider Wellen einander näher rückt;

2) oder indem man die Zapfenlager einer der Wellen verschiebt, wenn die Unterstützungspunkte oder die Stühle dieser Welle unverrückbar an ihrer Stelle bleiben müssen.

Im ersten Falle müssen die Stühle einer der Wellen z. B. der Welle AB irgendwo um Scharniere k Fig. 135 No. 2 (welche Fig. 135 No. 1 von der Seite gesehen darstellt) drehbar seyn, und wenn dann die genannten Stühle so weit umgedreht sind, daß die fraglichen Räder mit einander in Eingriff gelangen, so muß man erstere durch die Stäbe LM, die sich bei L um einen festen Punkt drehen können und bei M durch Vorstecker oder Schrauben p, q die Stühle Bk und Ak halten können, wie sich aus der Figur zur Genüge ergiebt, unverrückbar feststellen.

Im zweiten Falle müssen die Zapfenlager K Fig. 136 No. 1 und 3 in zwei Falzen cd beweglich seyn und festgestellt werden können. Wenn die Zapfenlager in den genannten Falzen genau schließen, so ist das Feststellen meistentheils unnöthig, und dieses läßt sich auch übrigens mittelst eines Vorstecknagels oder einer Schraube sehr leicht bewerkstelligen. Das Verschieben der Zapfenlager muß auf beiden Seiten gleichzeitig geschehen, und dieses läßt sich bewerkstelligen mit zwei gebogenen Hebeln ABC, die ihre Stützpunkte in B haben und durch eine Stange AA mit einander verbunden sind, so daß beide Hebel, wenn diese Stange gehoben oder niedergedrückt wird, einen gleich großen Kreisbogen beschreiben. Die Arme BC haben die Gestalt von Klauen, deren Enden in Augen m Fig. 136 No. 2 liegen, welche in den Zapfenlagern K angebracht sind. Diese Augen müssen beinahe dieselbe Form haben, wie die eben genannten Enden der Klauen BC, und eine sanft abgeschrägte und runde Form ist hier am zweckmäßigsten. Wenn diese Einrichtung getroffen ist, so ergiebt sich von selbst, daß beim Umdrehen des Hebels die Zapfenlager K durch die Klauen BC fortgeschoben oder zurückgezogen werden müssen.

Eine genauere Bewegung bekommt man dadurch, daß man die Pfannen mit zwei Schrauben S Fig. 136 No. 3 und 4 verbindet, die sich in den Schraubenmuttern M bewegen; denn bei gleichzeitiger Umdrehung dieser Schrauben müssen dann die Pfannen gleich viel vorwärts oder rückwärts bewegt werden, und also die Welle, welche sie tragen von der andern Welle entfernt oder ihr genähert werden (die Schrauben müssen natürlich vollkommen von derselben Form seyn und genau dieselbe Größe haben).

Die gleichzeitige Umdrehung dieser Schrauben wird bewerkstelligt durch das Vorwärtsziehen einer leichten Kette cddc No. 4, welche über zwei Scheiben oder Räder mit Stiften auf dem Kranze läuft, die an den Schraubenköpfen sitzen. Das Feststellen der Pfannen, nachdem sie verschoben sind, ist bei dieser Einrichtung unnöthig. Mit zwei gezahnten Stangen und Getrieben erreicht man den Zweck ebenfalls, obschon mit geringerer Genauigkeit.

Aus der Beschreibung der zwei letzten Einrichtungen (Fig. 135 und 136) für den Zweck, die Geschwindigkeit der einen Welle während der Bewegung der andern zu verändern, läßt sich entnehmen, daß sie nur für kleine Maschinen und mittelmäßig große, z. B. für Kunstdrehbänke, Bohrbänke, Schraubenschneidemaschinen u. s. w. anwendbar sind, und daß diese Maschinen, oder wenigstens deren oben beschriebene Theile aus Eisen und Messing verfertigt seyn müssen, da Holz durch Abnutzung, Feuchtigkeit, Trockenheit u. s. w. sehr bald die Genauigkeit der Form verliert, die demselben gegeben ist.

Um bei rechtwinkliger und schräger Fortpflanzung der kreisförmigen Bewegung die Geschwindigkeit einer Welle zu verändern, muß man, dem beschriebenen Verfahren gemäß, erst der Welle, welche die Bewegung mittheilt, eine andere Geschwindigkeit geben und dieselbe alsdann der zweiten Welle mittheilen. Dieses Verfahren ist wenigstens das einfachste.

e) Eine kreisförmige intermittirende oder aussetzende Bewegung bekommt man, wenn eins der Räder, mögen es nun Stirnräder oder Kegelräder seyn, nur zum Theil mit Zähnen versehen ist; wenn dann die Welle des Rades B Fig. 137 so weit umgedreht ist, daß der genannte ungezahnte Theil ab an die Zähne des Rades A gelangt ist,

so bleibt dieses Rad mit seiner Welle in Ruhe, während das Rad B den Bogen ab beschreibt. Alsdann greifen die Zähne von B wieder in diejenigen von A, und die Wellen drehen wie zuvor sich mit einander um. Diese Einrichtung ist jedoch sehr mangelhaft, sobald die Geschwindigkeit der Räder A und B beträchtlich ist, weil die Zähne dann jedesmal mit einem merklichen Stoß einander verlassen und angreifen.

Wenn die Welle A so lange ruhen muß, daß das Rad B in dieser Zeit einigemal umläuft, so kann die eben erwähnte Einrichtung gar nicht von Nutzen seyn; man muß alsdann die Bewegung der Welle hemmen, indem man das Rad A auslöst. Wie dieses zu bewirken sey, soll unter lit. g beschrieben werden.

f) Dasselbe Rad kann vielen andern Rädern, welche rings um dasselbe angebracht sind, Bewegung mittheilen; die kreisförmige Bewegung einer Welle kann deshalb auf viele Wellen oder Körper zu gleicher Zeit und mit verschiedenen Geschwindigkeiten übergetragen werden. So kann z. B. das horizontale Stirnrad einer Getreidemühle zwei, drei und vier Paar Mühlsteine zu gleicher Zeit in Thätigkeit setzen.

g) Es giebt viele Mittel, um die Bewegung einer Welle auf einen bestimmten Augenblick, oder nach Willkühr hemmen zu können, ohne daß man andere Theile der Maschine stillstehen zu lassen braucht. Einige dieser Mittel sind bereits unter den beschriebenen, die auch zu andern Zwecken dienen, begriffen. Diese bedürfen blos eine Zurückweisung, oder einer Erwähnung, jedoch mit Anführung der Fälle, in welchen sie anzuwenden sind.

Je nach den Umständen besteht das Mittel, um eine einzelne Welle zu hemmen, im Ausrücken oder

in der Entkuppelung der **Wellen**, oder auch der **Räder**.

I. Eine Welle, wie diejenige CD Fig. 135 kann in der Richtung ihrer Länge in ihren Lagern fortgerückt werden, bis die Zähne des Rades F ganz aus den Zähnen eines andern Rades E gelangt sind. Die Bewegung des Rades F hört dann auf, und die Welle CD bleibt in Ruhe. Das Verschieben der Welle CD kann mit der Hand geschehen, oder wenn dieses zu schwierig seyn sollte, durch einen Hebel ABC Fig. 138, dessen einer Arm C in den Hals H eingreift, welcher die Welle umgibt.

Durch eine Schraube kann man den Zweck ebenfalls erreichen, jedoch nicht so schnell als mit einem Hebel.

Wenn eine Maschine einen leichten Gang hat, und auch die Wellen leicht sind, so ist dieses Mittel sehr gut anzuwenden; wenn jedoch die Welle wieder in Bewegung gesetzt werden soll, so muß das ruhende Rad behutsam mit dem in Bewegung befindlichen Rade der andern Welle in Berührung gebracht werden. Für diesen Zweck bringe man mit der Hand dieses Rad erst in Bewegung nach der Richtung, welche es behalten soll, und verschiebe alsdann die Welle, um die Zähne der Räder in einander greifen zu lassen. Dieses kann selten ohne einen Stoß geschehen, aber dieser Stoß ist viel geringer, wenn die Zähne einander während der Bewegung ergreifen, als wenn es geschieht, während sich eins der Räder in Ruhe befindet; deshalb wird das letzte Rad zuvor mit der Hand in Bewegung gesetzt. Diese Bemerkung ist von allgemeiner Gültigkeit und leidet also auch auf die folgenden Verfahrungsarten Anwendung.

II. Wenn man eine der Wellen in paralleler Richtung mit sich selbst verschiebt, wie davon in Fig. 135 und 136 Beispiele gegeben sind, so bringt man ihre Räder aus dem Wirkungsbereich der zunächst gelegenen Welle, durch welche die Bewegung mitgetheilt wird. Dadurch wird dann die Bewegung der erstgenannten Welle gehemmt.

III. Ein Stirnrad K Fig. 139 No. 1 kann außer Eingriff eines andern Stirnrades E über oder unter dem ersten gebracht werden, wenn man die Schwelle AB, in welcher eine der Pfannen der Welle des Rades K liegt, emporhebt; dadurch wird auch die Welle des Rades K gehoben, und die Zähne desselben verlassen diejenigen des Rades E u. s. w. Die Schwelle muß bei A um einen Zapfen sich drehen können und mehrerer Festigkeit halber durch eine Unterstützung D gesichert werden, wenn sie in horizontaler Lage sich befindet und das Rad K in Bewegung gesetzt wird. Ohne eine solche Stütze D fällt alles auf den Zapfen A.

Das Heben geschieht mittelst eines gebogenen Hebels KIH, welcher sich um den Punkt I drehen kann. Der Arm KI wird in der horizontalen Stellung vom Stuhl G getragen und bildet zu gleicher Zeit den Unterstützungspunkt des andern Endes B der Schwelle. Wenn die Schwelle gehoben ist, so setze man den Keil F, welcher mit einem Kettchen am Punkte K befestigt ist, unter den Arm IK des Hebels, damit dieser ohne fernere Hülfe das Rad K gehoben erhalten könne.

Wenn die Schwelle oder der Balken aus gegossenem Eisen ist, so muß er für die größte Stärke die Form haben, welche in der Figur angegeben ist, während sein Durchschnitt nach einer der Formen Fig. 139 No. 2, 3 oder 4 genommen werden muß. Unter diesen besitzt No. 3 die meiste Stärke. (Nach

den Grundsätzen, welche in der dritten Abtheilung des ersten Theiles entwickelt worden sind, wird man im Stande seyn, die Dimensionen des Balkens zu berechnen, wenn seine Länge nebst seiner Tragkraft gegeben sind.)

Mit dem Hebel KIH wird nur der Balken eines der Unterstützungspunkte oder der Pfannen der Welle AB gehoben; besser ist es, wenn beide Unterstützungspunkte oder die Balken beider Unterstützungspunkte gehoben werden, denn alsdann wird die Welle sich selbst parallel gehoben, während sie sonst in eine schräge Lage gehoben werden würde. Das Heben der andern Schwelle kann nun geschehen durch einen zweiten Hebel, welcher mit dem ersten verbunden ist; einfacher aber verfährt man Fig. 140, wenn man unter die freien Enden L der Balken ein Paar eiserne Keile W, w bringt und dieselben durch eine Stange ab mit einander verbindet. Diese Keile liegen in zwei nicht tiefen Falzen auf den Stühlen S, so daß, wenn man die Stange ab zieht, oder mit einem Hammer auf einen der Keile schlägt, derselbe verschoben werden wird, und dadurch werden die beiden Schwellen oder Balken L und l gleichzeitig sinken oder steigen.

Das beschriebene Verfahren eignet sich nicht allein für kleinere oder leichte Maschinen, sondern auch, um kurze, jedoch stark belastete Wellen schnell zu heben oder zu verschieben, wenn sie in eine andere Stellung gebracht werden müssen, als in Fig. 139 angegeben ist.

Die Art und Weise, wie man in den gewöhnlichen Papiermühlen die Cylinder, durch welche der Papierteig gearbeitet wird, zu heben pflegt, um sie zum Theil oder ganz außer Thätigkeit zu setzen, hat mit den beschriebenen Verfahrungsarten einige Uebereinstimmung.

IV. Wenn die Wellen, welche einander Bewegung mittheilen, nicht neben oder unter einander, sondern in derselben Richtung liegen und durch Hülsen, Kuppelungen u. s. w. verbunden werden, so kann man die Bewegung einer Welle sehr bequem hemmen, indem man dieselbe auslöst, d. h. indem man die Hülse oder vielmehr die Kuppelung, welche sie mit der andern Welle vereinigt, zurückschiebt. Für diesen Zweck muß alsdann die Kuppelung längs derselben Welle verschoben werden können. Die Kuppelungen, welche in Fig. 128 bis 130 angegeben, eignen sich für diesen Zweck am besten und müssen alsdann, um durch einen Hebel oder durch eine Combination von Hebeln verschoben werden zu können, mit einem Halse wie in Fig. 130 versehen seyn.

Der Verbindungskegel Fig. 80 ist in dem vorliegenden Falle auch ein sehr gutes Mittel; ja wenn die Drucke, die übergetragen werden sollen, es sonst gestatten, so verdient er vor andern Arten der Kuppelung immer den Vorzug, weil erstere beim Einrücken empfindliche Stöße in einer Maschine erzeugen können.

Wenn das Hemmen der Bewegung einer Welle durch die Verschiebung der Räder bewerkstelligt werden soll, so ist eine der folgenden Verfahrungsarten anzuwenden.

1) Man verschiebe die Räder oder ein einziges Rad, wie das Rad F Fig. 135, längs der Welle CD, bis daß dessen Zähne aus denen des Rades E gebracht sind. Dieses Verschieben kann auf mechanischem Wege geschehen, indem man diesem Rade einen Hals giebt (wie man dieses an einer Scheibe Fig. 76 einzurichten pflegt), welcher mit einem Hebel längs der Welle verschoben wird.

2) Man kann die Räder an ihrer Stelle lassen, wenn man sie nur rund auf rund um die Wellen

laufen läßt; ergreift man sie alsdann durch Kuppelungen, wie in Fig. 134 angegeben ist, so setzen sie ihre Wellen in Bewegung, während das Auslösen zur Folge hat, daß die Bewegung der Welle gehemmt wird. Alle Arten der Kuppelungen von Fig. 128 bis 130, ferner diejenigen, welche in Fig. 76 bis 80 dargestellt sind, können für diesen Zweck angewendet werden.

3) Um im Großen die Bewegung von Rädern, und dadurch auch diejenige der Wellen zu hemmen, kann man von einigen der Kuppelungen Gebrauch machen, welche so eben erwähnt sind. Die Auslösung muß immer während der Bewegung der Maschine geschehen können; jedoch im Großen ist es rathsam, die Räder durch Eingriff der Kuppelungen nicht wieder mit ihren Wellen zu verbinden, als bis man die Bewegung der ganzen Maschine gehemmt hat; denn es würden dann sehr nachtheilige Stöße entstehen, wenn man ein Rad, welches gehoben oder gehemmt war, während der Bewegung der zunächst gelegenen Räder wieder in Thätigkeit bringen wollte.

4) Es giebt jedoch ein viel einfacheres Mittel, um im Großen ein Rad außer Eingriff eines andern zu bringen, was man besonders in großen hölzernen Mühlwerken bedarf, da die großen Räder (und hauptsächlich die horizontalen Räder) von dergleichen Maschinen durch Kuppelungen oder dergleichen sehr schwierig, oder beinahe gar nicht der Bewegung anderer Räder entzogen werden können. Dieses Mittel (welches bei dem eisernen Räderwerke mit hölzernen Zähnen auch angewendet werden kann) besteht ganz einfach darin, daß man ein Paar Treibstecken ab aus einem Drillinge CD Fig. 141 hebt, welcher außer Eingriff eines Stirnrades gesetzt werden soll; oder indem man 4 oder 5 Zähne oder

Kammen Fig. 142 eines Stirnrades, oder eines Kammrades, oder eines Kegelrades hinten herausschraubt. Dadurch geht das sich bewegende Rad an der Stelle, wo die Treibstecken oder Kämme gehoben sind, ohne Berührung vor dem Drilling oder dem andern Rade vorüber, und dieses bleibt folglich in Ruhe.

Es ist nicht schwer zu begreifen, wie zwei oder mehr Treibstecken eines Drillings mit doppelten Scheiben oder eines Drillings mit einer einzigen Scheibe gehoben werden; ihre obern Enden a und b Fig. 141 müssen für diesen Zweck konisch seyn und über die obere Scheibe hervorragen, um sie fassen und durch dieselbe ein Paar Schließen schlagen zu können, wodurch sie an die genannte Scheibe festgeschlossen werden, wenn der Drilling in Thätigkeit seyn soll. Die unteren Enden c und d können viereckig seyn, um in viereckige Zapfenlöcher in die untere Scheibe des Drillings zu passen. Wenn die Treibstecken hoch genug gehoben sind, so werden sie mit einem Stift oder mit einem Nagel festgestellt; man kann dieselben auch ganz und gar aus den Drillingen heben.

Wenn man von einem Kamm- oder Kroprad Fig. 142 an der untern Seite einige Kammen ausschraubt, so wird zu gleicher Zeit ein loser Theil CD der hintern oder untern Felge, in welcher die Schwänze der Kammen befestigt sitzen, mit bewegt; die Kreissegmente AB und die vordere Felge bleiben ganz. Die eiserne Schraube abc sitzt mit einem Hals a in den Kreissegmenten AB und wird durch einen um den Hals a gelegten Krampen verhindert, ihren Sitz zu verlassen, wobei sie sich jedoch drehen kann. Eine metallene Schraubenmutter b ist in der hintern Felge CD befestigt, und daraus ergiebt sich aufs Deutlichste, daß, wenn man die Schraube mit dem Schlüssel K umdreht, die Schraubenmutter b

mit dem Theile CD der hintern Felge nebst den Kammen vor- oder rückwärts bewegt werden müsse. (Die kreisförmige Bewegung der Schraube verursacht deshalb eine geradlinige Bewegung der Kammen.)

Man kann die hölzernen Zähne oder Kammen eines eisernen Rades durch eine ähnliche Einrichtung verrücken, wenn dasselbe der Bewegung eines andern Rades entzogen werden muß.

Die Kammen der Kegelräder werden ebenfalls verrückt; diese Verrückung erfolgt aber nicht, wie bei den Kamm- oder Kronrädern Fig. 142 in einer Richtung, senkrecht auf die Ebene des Rades, sondern schräg in der Richtung einer stehenden Seite der Kegelfläche, in welcher die obern Kanten der Kammen liegen; auch muß derjenige Theil der Felge, welcher sammt einigen Kammen verschoben wird, in ein Paar schrägen Falzen laufen, welche für diesen Zweck in den nächst gelegenen festen Theilen der Felge gemacht sind, damit dieselben nicht nur die Bewegung dieses Theiles leiten, sondern ihn auch bei der Wirkung des Rades fest in den Felgen erhalten.

Bei dem Wiedereinschrauben der Zähne oder Kammen muß die Maschine oder wenigstens das Rad, welches Bewegung mittheilen soll, immer still stehen.

Das beschriebene Verfahren wird in den holländischen Windwassermühlen angewendet, um, je nachdem die Windkraft mehr oder weniger vermögend ist, ein Schöpfrad und eine kleine Wasserschraube, jede besonders oder zu gleicher Zeit in Thätigkeit zu setzen. Die mit den Wellen des Schöpfrades und der Wasserschraube verbundenen Räder werden dann durch dasselbe Rad D Fig. 106 oder durch einen Drilling und ein darunter stehendes Kegelrad bewegt und können durch das Zurückschrauben einiger Kammen aus dem Rade D ausgerückt werden.

h) In vielen Fällen ist es nöthig, die Richtung der Bewegung einer Welle zu verändern, ohne die Welle, von welcher die Bewegung kommt, sich anders umdrehen zu lassen. Die hierzu dienlichen Mittel oder Einrichtungen, und welche im Allgemeinen in der Vermehrung der Räder bestehen, sollten eigentlich bereits früher unter lit. a und b angegeben worden seyn. Dieses konnte jedoch nicht wohl eher geschehen, als jetzt, weil bei diesen Einrichtungen erfordert wird, daß die Bewegung einiger Räder gehemmt werde. Bevor wir deshalb uns über die Art und Weise verbreiten, wie die Bewegung einer ganzen Maschine auf einmal aufgehalten werden könne, soll erst über die Umkehrung der Richtung der kreisförmigen Bewegung gehandelt werden.

I. Fig. 143. Wenn ein Rad B durch ein anderes Rad A getrieben wird und eine gewisse Zeit lang in einer entgegengesetzten Richtung sich drehen muß, während A in derselben Richtung fortschreitet, so muß dazu ein Zwischenrad C angewendet werden. Die Welle von B muß dann parallel mit sich selbst ein wenig verschoben werden, um die Räder A und B außer Berührung zu bringen. Eben so muß die Welle des Rades C verschoben werden, um mit A und B zugleich in Berührung gebracht zu werden; alsdann wird A die Bewegung auf C, und C die Bewegung auf B fortpflanzen, und B wird sich nun in einer entgegengesetzten Richtung drehen, als damals, wo dasselbe unmittelbar mit A in Eingriff stand.

Die Welle des Rades C braucht nicht lang zu seyn, und wenn die Räder nicht sehr groß sind, oder wenn es keinen schicklichen Ort zu einem zweiten Unterstützungspunkte für die Welle von C giebt, so kann man Fig. 144 No. 1 an die Welle von A einen Bügel eb setzen, der nicht fest mit der Welle

verbunden ist, sondern mit einem runden Auge oder einer runden Hülse nur auf derselben ruht. Das Ende b enthält eine Büchse oder Pfanne, in welcher das vordere Ende der Welle von C liegt, während das hintere Ende sich in einer zweiten Pfanne dreht, welche in dem kreisförmigen Ausschnitte a c d bewegt werden kann, wenn man den Bügel e b um die Welle von A dreht.

Auf diese Weise kann das Rad C sehr leicht mit jedem der Räder A und B in, oder außer Wirkung gebracht werden, während man die hintere Pfanne mit einem Keil in dem Ausschnitte c d feststellen kann, sobald die drei andern Räder auf einander wirken. Der Arm oder der Bogen, in welchen der Ausschnitt c d gemacht ist, giebt deshalb einen festen Stützpunkt für den Zapfen des Rades C ab; man kann auch den festen Stützpunkt weglassen, wenn die Bewegung langsam und der Druck gering ist; denn alsdann wird ein zweiter Bügel, hinter A und C angebracht, das andere Ende des Zapfens von C auf dieselbe Weise tragen können, wie das vordere Ende dieses Zapfens vom Bügel e b getragen wird.

Diese Einrichtung ist in Fig. 144 No. 2 in einer Seitenansicht der Räder dargestellt. Um das Rad C bei seiner Wirkung von A auf C fest in derselben Stellung zu halten, findet man, je nach den Umständen, mehr als eine Gelegenheit; man kann jedoch eine Stange g h Fig. 144 No. 3 mit einer Gabel, an beide Bügel befestigt und an dem Ende h mit einem Gewichte beschwert, dazu benutzen. Dieses Rad drückt dann das Rad C beständig gegen das Rad A oder B, während die Stange dann zugleich zur Handhabe dient, um das Rad C zu heben, wenn die Richtung der Bewegung von A oder B wieder umgekehrt werden soll.

Anmerk. Wenn die Geschwindigkeit des Rades, das jetzt in dieser, dann in jener Richtung sich drehen soll, dieselbe bleiben muß, so werden die Räder A und C oder B und C gleich groß; soll auch die Geschwindigkeit mit der Richtung der Bewegung verändert werden, so bekommen die genannten Räder verschiedene Durchmesser im Verhältnisse zu den Geschwindigkeiten.

II. Statt eines Zwischenrades kann man deren zwei C und D Fig. 145 (welche diese Einrichtung in zwei vertikalen Projectionen, von vorn und von der Seite genommen, darstellt) anwenden. Die Zapfen dieser Zwischenräder ruhen in zwei Bügeln ac und ad, welche mit derselben Hülse verbunden sind, die rund auf rund genau um die Welle des Rades A schließt; der eine Bügel ad ist um so viel länger, als der andere, daß das Rad D, obgleich von derselben Größe mit dem Rade C, doch nicht in Berührung steht mit A, wohl aber mit C.

Wenn man nun den Hebel ab, welcher mit der Hülse des Bügels verbunden ist, umdreht, so läßt man die Räder D und C steigen, oder herabsinken und bringt sie mit dem Rade B in Eingriff. Man kann alsdann B umdrehen durch A mit einem einzelnen Rade C; oder B kann vermittelst zweier Räder C und D durch A bewegt werden. In diesem Falle pflanzt A die Bewegung auf C, und C die Bewegung auf D, endlich D auf B in einer Richtung fort, gerade derjenigen entgegengesetzt, welche zuvor stattfand. Die Entfernung der Wellen der Räder A und B nebst dem besondern Verhältnisse zwischen ihren Geschwindigkeiten, muß die Wahl dieser zusammengesetztern Einrichtung bestimmen.

III. Es ist nicht nöthig, daß man die Wellen zweier Räder B und C Fig. 146 No. 1 verrücke, um dieselben wechselsweise mit einem dritten Rade

A, dessen Welle unveränderlich liegen bleibt, in Eingriff zu bringen; denn indem man die Räder längs den Wellen verschiebt und dem Zwischenrade C reichlich die doppelte Breite giebt, erlangt man mit größerer Bequemlichkeit denselben Effect. Ja wenn die Wellen eine solche Lage haben, daß die drei Räder Fig. 146 No. 1 zugleich im Eingriffe seyn können, so wird man, indem man C weit genug verrückt (siehe No. 2) dasselbe außer Eingriff mit A und B bringen können, und B wird alsdann unmittelbar durch A getrieben werden. Man verschiebe nun B und C dergestalt (Fig. 146 No. 3), daß sie alle drei zugleich in Eingriff kommen, vorausgesetzt, daß B mit A in keiner unmittelbaren Berührung steht, so wird sich B natürlich, durch das Zwischenrad C, welches von A Bewegung empfängt, umdrehen und zwar in einer entgegengesetzten Richtung.

Man kann auch die Wellen cd und ef von B und C in der Richtung ihrer Länge verschieben, jedoch ist es viel leichter, diese Wellen an ihrer Stelle zu lassen und dagegen die Räder B und C zu verschieben.

IV. An der Welle AB Fig. 147 sind zwei Kegelräder C und D, welche rund auf rund laufen; das Rad D ist unmittelbar, oder auch durch eine Hülse, oder durch 4 Stangen ab, cd u. s. w. mit einem Stirnrade I verbunden, welches ebenfalls lose auf der Welle AB sitzt. Das Rad I greift in H, dessen Welle in zwei entgegengesetzten Richtungen muß bewegt werden können; endlich können die Räder C und D durch ein konisches Zwischenrad F auf einander wirken und wechselsweise durch die Kuppelung E (welche viereckig auf der Welle AB sitzt) die Bewegung der Welle AB mitgetheilt erhalten. Ist die Kuppelung in das Rad D eingerückt, so drehen sich D und I zugleich mit der Welle AB

um, und H wird also auch in Bewegung gesetzt; aber wenn die Kuppelung in das Rad C eingerückt wird, so wird das Rad F in Thätigkeit gelangen und dadurch D mit I in einer Richtung umdrehen, derjenigen entgegengesetzt, welche die Welle AB annimmt (die sich also hier in den Naben der Räder D und I anders umdreht); das Rad H wird dann ebenfalls mit seiner Welle anders umgetrieben werden.

V. Wenn eine Welle Fig. 148 durch Kegelräder rechtwinklig die Bewegung empfängt von einem andern, so ist es ohne eine dritte Welle, sondern blos mit einem dritten Rade C, sehr leicht, die Richtung der Bewegung der Welle BC zu verändern, denn es ist leicht einzusehen, daß diese Richtung anders wird, wenn A auf C wirkt. Es ist dazu nichts anderes erforderlich, als die Welle des Rades A mit sich selbst parallel ein wenig zu verrücken, um A und B auszulösen und A und C mit einander in Eingriff zu bringen. Man kann jedoch auch die Welle des Rades A an ihrem Orte lassen und die Räder B und C Fig. 149 zugleich auf ihrer gemeinschaftlichen viereckigen Welle verschieben. Diese Räder müssen dann durch Stangen vereinigt werden, oder auch durch eine Hülse ab, durch welche die Welle BC läuft. Mit einem Hebel wird diese Hülse sammt den mit ihr verbundenen Rädern dann leicht verschoben.

Man kann auch, wie in Fig. 147 die beiden Räder B und C (C und D in Fig. 147) lose auf ihrer Webe sich drehen lassen und dieselbe wechselsweise mit einer Kuppelung E an derselben Welle verbinden, wenn sie mit dem Rade A (F in Fig. 147) in Wirkung gebracht werden sollen. Es findet hier keine Verschiebung der Räder statt, und so kann man denn dieses Mittel selbst in großen Maschi-

nen anwenden; man muß dann nur die Theile D und E der Kuppelung Fig. 150 (wenn sie weit von einander entfernt sind wegen des großen Durchmessers von A) durch unbiegsame Stäbe, durch welche die Welle ab läuft, mit einander verbinden. Diese Stäbe laufen über dieses noch durch zwei Scheiben oder Platten c und d, welche viereckig auf der Welle ab festsitzen und einen Hals bilden, in welchem der Hebel gh wirkt, wenn die Kuppelung aus- oder eingerückt werden soll. Mit den Rädern B und C werden zwei solide Kuppelungen e und f verbunden, in welche D und E sich einsetzen können.

Man wendet diese Einrichtung an bei Pferdegöpeln in Bergwerken, um wechselsweise zwei Tonnen, die eine leer im Schachte hinab, und die andere gefüllt mit Erzen, oder auch mit Wasser (welches aus der Grube geschafft werden muß) emporsteigen zu lassen, für welchen Zweck die Seile oder Ketten der Tonnen über eine Scheibe PQ laufen, die über dem Schachte angebracht ist und durch die Welle ab bald in dieser, bald in jener Richtung umgedreht wird. Das Verschieben der Kuppelung DE geschieht dann in dem Augenblicke, wo eine emporgehobene Tonne ausgeleert wird; denn die Kette, an welcher sie hängt, stößt dann gegen den Haken eines Hebels, hebt denselben und dreht dadurch zugleich den Hebel gh, der mit dem eben genannten Hebel durch ein Scharnier verbunden ist.

VI. Auf der Welle AB Fig. 151 sitzt eine Hülse, auf welche zwei entgegengesetzte Schrauben ohne Ende S und s geschnitten sind. Die Schraube S dreht das Rad R mit seiner Welle um; mit diesem Rade ist noch ein zweites r verbunden, dessen Zähne in einer entgegengesetzten Richtung geschnitten sind und allein von dem Gewinde der andern Schraube

s ergriffen werden können. Diese beiden Räder können auch längs ihrer gemeinschaftlichen Welle verschoben werden, so daß man wechselsweise das Rad R durch die Schraube S, und (nachdem die Räder und Schrauben gehörig verschoben sind) das Rad r durch die Schraube s in Wirkung bringen kann. Dadurch wird nun die Welle der Räder in entgegengesetzten Richtungen bewegt, sobald nämlich die Gewinde der beiden Schrauben in entgegengesetzten Richtungen laufen.

In die Categorie der Veränderung der Richtung der kreisförmigen Bewegung kann man auch den Fall bringen, wo dieselbe Welle abwechselnd zwei andere Wellen und zwar die eine in dieser, die andere in jener Richtung in Umlauf setzen muß. Bei Anwendung von Räderwerk, mögen es nun Stirnräder oder Kegelräder seyn, läßt sich dieses sehr leicht ins Werk setzen; denn wenn B Fig. 143 A treiben soll, so muß man C außer Eingriff mit B bringen, indem man entweder die Welle von C verschiebt, oder auch das Rad C selbst verschiebt (welche letztere Verschiebung einfacher und leichter ist, als erstere); soll nachher C durch B getrieben werden, so verschiebe man C so weit, bis es mit B in Eingriff kommt und rücke A zurück, um außer Eingriff mit B gesetzt zu werden.

Fig. 152 stellt dar, wie die Bewegung einer Welle a abwechselnd auf zwei Wellen A und B rechtwinklig fortgepflanzt werden kann, wenn man dazu eine Schraube ohne Ende S anwendet, welche bald in das Rad A, bald in das Rad B eingreift, weshalb eins dieser Räder längs seiner Welle verschoben werden muß, wenn das andere umgedreht werden soll; dieses ist jedoch in den meisten Fällen einfacher, als daß man die Welle ab jedesmal verrückt, um die Schraube abwechselnd in A und B eingreifen zu lassen.

i) Jetzt sollen nun noch die Mittel angegeben werden, durch welche man die Bewegung einer ganzen Maschine mit einemmale hemmt oder aufhält, indem man nämlich die kreisförmige Bewegung einer Welle, welche andere Wellen, oder vielmehr die ganze Maschine treibt, vollkommen hindert. Es ist hier der rechte Ort, diese Mittel kennen zu lernen, obschon sie nicht ausschließlich da benutzt werden, wo man Zahnräder anwendet, sondern überall, wo eine kreisförmige Bewegung besteht, in Anwendung gebracht werden können, wie sich dieses aus der Beschreibung dieser Mittel selbst ergiebt.

Das einfache Sperrrad, dessen Gebrauch bereits mehrmals angegeben worden ist, gehört auch unter diese Mittel; der Gebrauch desselben ist aber sehr beschränkt, und es eignet sich mehr, um das unvermuthete Zurücklaufen einer Welle zu verhindern, als um große Drucke von Kraft und Last zu ertragen. Für letztern Zweck wendet man mehr oder weniger Klemmungen mittelst Reifen, Ringen oder Bändern an, die unter dem allgemeinen Namen der Bremsen bekannt sind. Es sollen zuerst die verschiedenen Formen, unter welchen man die Bremsen antrifft, beschrieben, alsdann die Theorie der Bremsen kürzlich vorgetragen werden.

I. Fig. 153. An einer Welle sitzt eine Scheibe A von breitem Umfang; an derselben liegt eine andere Scheibe B oder auch nur der Theil einer Scheibe. Letztere dreht sich um einen Nagel, welcher außer ihrem Mittelpunkte liegt; dadurch kann A sich zwar in der Richtung ab, aber nicht in der umgekehrten Richtung umdrehen; denn dann klemmt die excentrische Scheibe B sich zwischen ihrem Drehungspunkte C und dem Umfang der Scheibe A, welche Klemmung man so sehr vergrößern kann, wenn man ein Gewicht G an die Scheibe hängt (oder die Scheibe

B von oben mit einer Feder, einem Hebel, einem Keil oder einer Schraube andrückt), daß die Bewegung der Scheibe A und ihrer Welle in der Richtung b a und auch in der Richtung a b mit einemmale behindert wird. Derselbe Mechanismus ist in Fig. 154 an beiden Seiten der Scheibe angebracht. Man kann denselben auch auf die beiden ebenen Seiten eines Zahnrades wirken lassen, siehe Fig. 155.

II. Man erzeugt jedoch viel größern Druck oder Klemmung, wenn man die Bremse nicht in einem einzigen Punkte mit dem Umfange der Scheibe in Berührung bringt, sondern in der Extension eines Bogens a b Fig. 156. Die Bremse hat hier die Form eines Hebels der zweiten Art, den man am Ende B nur anzudrücken braucht, um bei A auf den Bogen a b einen noch größern Druck zu äußern. Man kann hierzu wieder einen zweiten Hebel a B C anwenden, dessen Ende C mit einem Seil C D stark andrücken und alsdann dasselbe mit einem Haken D in die Zähne eines Sperrrades einhängen, welches auf der Welle der Scheibe E sitzt. Wenn die Zähne dieses Sperrrades einerlei Richtung mit c d haben, in welcher Richtung die Welle sich umzudrehen strebt, so wird die Klemmung der Bremse durch das erwähnte Einhängen des Seiles c d noch mehr vergrößert werden: die Welle kann sich dann absolut nicht drehen. In Fig. 157 ist die Form der Bremse und der Art, Klemmung zu erzeugen, etwas anderes, jedoch die Wirkung ist vollkommen dieselbe. So auch in Fig. 158, wenn man die Bremse A nicht auf eine Scheibe, sondern auf die Welle selbst mittelst einer Schraube drückt, welche durch eine feste Schraubenmutter m läuft und die Bremse, die in zwei Nuthen läuft, hebt oder andrückt.

III. Fig. 159. Eine doppelte Bremse, deren Theile A B und C D zugleich geöffnet und um die

Scheibe, oder um die Felgen des Rades E geklemmt werden können. Für diesen Zweck hat man an die Enden B und D zwei Stangen ab und cd gefügt, welche sich in den Gelenken a und c drehen und durch eine dritte Stange bd in der Art verbunden sind, daß auch an den Punkten b und d Gelenke vorhanden sind, um welche sich diese Stangen drehen können. Die Mitte e der Stange bd kann sich um einen Zapfen drehen. An diese Mitte e kann man eine Stange efg setzen, welche aus der Hand, oder durch andere gerade und gebogene Hebel, Kniestücke u. s. w. bewegt wird (je nachdem sich dieses wegen des Standes der Welle E nöthig macht) und die Stange bd nach dieser oder jener Seite drehen kann, wodurch die Hebel AB und CD von der Scheibe E entfernt oder an dieselbe angedrückt werden. Man pflegt die Bremsen auf diese Weise einzurichten, wenn man auf horizontale Scheiben oder Räder wirken kann, um die Bewegung stehender Wellen zu hemmen.

IV. Man kann um eine Welle M Fig. 159* zwei halbe Reifen oder Kragen ABC, ADE legen, welche bei A mit einem festen Theile verbunden sind. Indem man die Enden C und E dieser Kragen durch eine Schraube anzieht, kann man eine Klemmung auf die Welle M ausüben, wodurch selbst eine starke Bewegung gehemmt werden kann.

V. Wenn man große Räder auf eine große Extension ihres Umfanges klemmen will, so muß man die Bremsen aus verschiedenen Bogen ab, bc, cd Fig. 160 eben so zusammensetzen, wie der Umfang eines Rades aus verschiedenen Felgen besteht. Die Bremse hat auf diese Weise Gelenke; sie ruht und hängt am Ende a auf und an einem Balken A, oder an einem Eisen, einem Stein u. s. w., und wird am andern Ende d gehoben oder angedrückt

durch eine eiserne Stange de, welche wiederum mit einem Hebel verbunden ist u. s. w.

Die Bremsen für große Räder umfassen manchmal den ganzen Umfang dieser Räder; sie ruhen dann an der Seite bei A Fig. 161 mit einer Klammer oder Schiene auf irgend einem festen Punkte, während das Ende a mittelst eines Hakens ak an einen andern festen Punkt geschlossen ist.

Die Bremsen, womit man in den gewöhnlichen Windmühlen die Bewegung der Mühlwelle hemmt (durch welche die Flügel gesteckt sind), sind so eingerichtet, wie in Fig. 160 und 161 dargestellt ist. Sie liegen Fig. 162 um das obere Rad A, welches unmittelbar mit der Mühlenwelle verbunden ist, und deshalb steht die Bremse ein wenig schräg; dieses schwächt jedoch ihre Wirkung wenig und hindert auch nur in geringem Maaße das Ausheben derselben, indem sie nur ein wenig vom Umfange des Rades entfernt zu werden braucht, damit dieses frei umlaufe.

Die Einrichtung, um eine Mühlbremse auszuheben, ist folgende: das Eisen de Fig. 160, 161 und 162 ist mit einem Bolzen bei e an den Bremsbalken BC Fig. 162 geschlossen, welcher ein Hebel der zweiten Art ist, indem er sich um einen Zapfen bei B dreht (dieser Balken läuft beinahe von dem einen Ende des Windmühlendaches bis zum andern); dessen Ende C hängt mit einer Stange oder Kette hi an dem Bremshebel iDE (welches ein Hebel der ersten Art ist) und tritt bei D aus dem Mühlendache hervor, wo er auch seinen Unterstützungspunkt hat (meistentheils hängt er an einer Kette). Durch diese Combination von Hebeln kann man die Bremse mit wenig Kraft heben und sinken lassen, und es ist nicht schwierig, aus dem bestimmten Gewichte der Bremse und des Bremsbalkens die Dimensionen des Bremshebels und des Befestigungs-

punktes e des Eisens im Bremsbalken in der Art zu bestimmen, daß **ein** Mann im Stande sey, die Bremse auszuheben.

Die Mühlbremse bleibt gehoben, wenn man den Bremsbalken so hoch emporzieht, daß ein Krampen k, der in das Ende C geschlagen ist, in einen festen Haken m mit seiner scharf umgebogenen Spitze sich einsetzt. Wenn die Bremse gehoben ist, so klemmt sie durch ihr eignes Gewicht und durch dasjenige des Bremsbalkens genugsam auf den Kranz des obern Rades, um die Bewegung des Mühlenkreuzes zu hindern; man kann aber, wenn es erforderlich ist, eine noch stärkere Klemmung bewirken, wenn man den Bremsbalken mit einem Seil innerhalb des Mühlengebäudes anzieht.

VI. Fig. 163. Ein Seil ABCD, welches bei A an einem festen Punkte befestigt ist, alsdann um eine Rolle oder Scheibe E läuft und bei D gezogen oder gespannt wird, wirkt ganz so, wie eine Bremse; ja es kann noch eine viel größere Klemmung erzeugen, als eine hölzerne oder metallene Bremse, wenn es mehr als einmal um die Rolle E gewickelt ist. Dieses ist im ersten Theile, wo von der Steifigkeit der Seile die Rede war, bereits dargethan worden. Die Klemmung kann durch Hebel, Seilrollen u. s. w., wie aus der Figur hervorgeht, mit großer Kraft erzeugt werden.

Man kann den Bremsen auch noch andere Formen geben, oder sie auf andere Weise wirken lassen, je nachdem die Umstände dieses erheischen. So kann man dieselben z. B. gegen den innern Umfang eines Rades drücken lassen u. s. w. In der Praxis laufen alle Arten von Bremsen auf dasselbe hinaus, während die beste Art, dieselben anzulegen, sich nun ergeben wird aus

der Theorie der Bremse.

Wenn man ein Rad oder eine Welle am Umfange so stark drückt, daß die wirkende Kraft nicht ausreichend ist, um die Reibung, welche aus dieser Klemmung entsteht, zu überwinden, so muß die Bewegung nothwendig aufhören. Dieses bewirkt nun die Bremse durch ihre Klemmung. Eine Bremse hemmt die Bewegung eines Rades oder einer Welle nicht auf einmal, sondern nach und nach, nämlich in dem Grade, in welchem ihre Klemmung größer wird; dieses ist ein wesentlicher Nutzen der Bremse, denn indem sie den Widerstand, den die Kraft überwinden soll, allmählig vermehrt, bis daß die Bewegung aufhört, gelangt die Maschine unmerklich und ohne Stoß zur Ruhe. Das Entgegengesetzte tritt bei Anwendung der Sperrräder ein, welche die Bewegung mit einemmale hemmen und deshalb auch zerbrechen, oder das Zerbrechen anderer Theile verursachen können. Durch eine Bremse kann die mächtigste Bewegung ohne eine Gefahr gehemmt werden.

Wenn eine Bremse durch den Druck auf eine Scheibe die Bewegung einer Welle behindert, übt sie auf den Umfang der Scheibe eine Klemmung und Reibung aus, die größer ist als der Druck, welchen die wirkende Kraft auf einen Körper ausüben kann, welcher sich in derselben Entfernung vom Mittelpunkte der Welle befindet, als die Punkte des Umfanges der Bremse.

Die Reibung, welche eine Bremse ausübt, ist von besonderer Art; sie kann nicht verglichen werden mit der Reibung zweier Körper, die auf einander schleifen. Da die Bremse nicht eben ist und auch nicht auf einen ebenen Körper drückt, sondern da diese Reibung durch eine starke Klemmung der Bremse gegen oder um eine Scheibe oder Rolle entsteht. Diese Klemmung nun verursacht den größern Effect der Reibung auf gleiche Weise, wie ein Seil, wel-

ches um eine Rolle oder Scheibe Klemmung erfährt, vielmehr Reibung verursacht, als wenn dasselbe gegen die ebene Seite eines Körpers angedrückt wird. Hiermit kann man den Effect der Reibung der Bremse einigermaßen vergleichen, und aus diesem Grunde muß diese Reibung auch stark zunehmen mit der Größe des Bogens, welcher von der Bremse geklemmt wird, so daß, wenn die Reibung oder Klemmung auf einem Bogen von a Graden = A ist, dieser Widerstand auf dem doppelten Bogen 2a nicht = 2A, sondern = 2A × 2A = 4A proportional seyn wird. Auf dem dreifachen Bogen wird sie 2A × 2A × 2A = 8A u. s. w. proportional seyn. Dieses findet bei der gleitenden Reibung ebener Körper durchaus nicht statt: die Reibung wird für eine zweimal so große Oberfläche nicht vierfach, wenn die drückende Kraft unverändert bleibt, sondern nimmt im Ganzen gar nicht, oder nur sehr wenig zu.

Wie groß die Reibung ist, welche durch eine Bremse von einem gewissen Stoff und von einer bestimmten Länge und Breite u. s. w. auf eine Scheibe von bestimmter Größe ausgeügt wird, ist durch Versuche nicht bekannt. Im Bausch und Bogen läßt sich dieses aus einigen Maschinen ableiten, bei welchen man den Druck der wirkenden Kraft einigermaßen messen kann, und somit lassen sich alsdann in vorkommenden Fällen die erforderlichen Berechnungen anstellen, um die Größe der Bremse und die Kraft zu bestimmen, mit welcher sie angedrückt werden muß. Aber diese Berechnungen sind für den Gebrauch meistentheils unnöthig, weil man es immer in der Gewalt hat, die Klemmung einer Bremse nach Willkühr zu vermehren, bis die Bewegung gehemmt ist. Von größerem Belang ist es, zu wissen, wie eine Bremse auf die beste Art eingerichtet wird, und dieses kann ohne Berechnungen oder Versuche u. s. w.

ausgemittelt werden aus den folgenden Grundsätzen, die aus obigen Schlüssen und aus den bekannten Effecten der Reibung und Klemmung gefolgert sind.

Eine Bremse muß rund seyn, wie ein Reif, und um eine runde Scheibe herum anschließen; denn sonst kann die starke Klemmung, von welcher so eben gesprochen worden, keinesweges stattfinden.

Die Scheibe, um welche die Bremse sich legen soll, habe den größtmöglichen Durchmesser. Alsdann ist der Umfang der Scheibe größer, und die Bremse kann deshalb einen größern Theil umfassen, und es wird auch alsdann, wie bei einem Haspel, das Bremsen mit weniger Kraft ausgeführt werden, als wenn der Durchmesser der Scheibe kleiner, und also auch der Hebelarm der Bremse weniger groß ist. Es ist deshalb selten zweckmäßig, die Welle selbst zu bremsen, d. h. die Bremse unmittelbar um die Welle zu klemmen Fig. 158 und 159*, weil dieses vielmehr Kraft kostet, als wenn man eine auf der Welle sitzende Scheibe brems't. Manchmal läßt sich das Bremsen, um Weitläuftigkeiten zu vermeiden, an der Welle selbst in Anwendung bringen, jedoch muß die Extension, auf welche die Bremse drückt, dann größer seyn, als bei Anwendung einer Scheibe. In andern Fällen kann man diese Art des Bremsens nicht ins Werk setzen, man müßte denn dazu ein Seil oder einen breiten Riemen anwenden, welcher einige Mal um die Welle geschlagen wird; denn von einem Seil, oder von einem Riemen erlangt man an der Welle einen größern Effect, als an der Scheibe, weil die Steifigkeit des Seiles oder Taues in dem Maaße größer ist, in welchem der Durchmesser der Rolle, um welchen das Seil geschlagen ist, kleiner wird.

Die Scheibe, auf welche die Bremse wirken soll, muß dem zuerst in Bewegung gesetzten Theile der Maschine, d. h. der Welle, welche unmittelbar oder zuerst von der bewegenden Kraft in Umdrehung gesetzt wird, so nahe als möglich gebracht werden; denn an dieser Stelle ist der geringste Druck erforderlich, um die bewegende Kraft ganz zu tilgen, und wenn auch dieses nicht der Fall wäre, so muß man doch die Bremse eher auf einen Theil, welcher Bewegung mittheilt, als auf einen andern, welcher Bewegung empfängt, wirken lassen. Auch die Anbringung eines Sperrrades unterliegt dieser Regel.

Eine Bremse muß, um größere Klemmung auszuüben, eher in der Länge, als in der Breite vergrößert werden, denn je länger der Bogen ist (d. h. je mehr Grade derselbe enthält), auf welche die Bremse drückt, in desto größerm Maaße nimmt die Klemmung zu. Dagegen wird eine Bremse, welche dieselbe Länge behält, aber eine doppelte Breite bekommt, nur eine doppelte Klemmung hervorbringen, während eine Bremse von doppelter Länge eine vierfache Klemmung erzeugen muß; eine Bremse muß also eher lang, als breit gemacht werden. Die Dicke derselben nimmt man auch größer, als die Breite, damit sie auf jeden Punkt, welcher von ihr geklemmt wird, mit größerem Gewichte drücke, als wenn dasselbe Gewicht über eine größere Breite vertheilt wäre. Die Windmühlenbremsen Fig. 160 bis 162 geben also unter allen Bremsen, welche durch dieselbe Kraft angedrückt werden, den größten Effect, weil sie beinahe den ganzen Umfang eines Rades oder einer Scheibe umschließen.

Die Bremse muß von demselben Stoffe seyn, wie die Welle oder Trommel, auf

welche sie drückt; denn Substanzen derselben Art üben größere Reibung gegen einander aus, als ungleichartige Substanzen. Metallene Bremsen müssen also auch auf metallene Scheiben oder Trommeln wirken; doch in diesem Falle wird gleichwohl eine hölzerne Bremse auf dem Umfange der metallenen Scheibe bessere Wirkung hervorbringen, weil das Holz und hauptsächlich quer über die Jahre rauh und uneben ist, wodurch die Schwierigkeit des Gleitens der Oberflächen auf einander sehr vergrößert wird. Im allgemeinen leisten die hölzernen Bremsen aus obigem Grund einen bessern Effect, als die metallenen, und verdienen besonders im Großen angewendet zu werden. Man kann dieselben im Falle der Noth immer mit Eisen oder Blei schwerer machen. Zu hölzernen Bremsen nimmt man gewöhnlich Weidenholz. Auf die Welle wird alsdann eine Scheibe oder ein Rad aufgezogen, dessen Kranz aus dieser Holzart verfertigt oder mit einem nicht sehr dicken Futter von dieser Holzart überkleidet ist. Wenn auf der Welle ein Kronrad oder Kegelrad sitzt, so bedarf es keiner besondern Scheibe, weil schon der Umfang eines solchen Rades dazu benutzt werden kann.

Anmerk. Unter den Holzarten erzeugt das Ulmenholz die größte Reibung, darum verfertige man die Bremsen aus dieser Holzart, wenn nicht hinsichtlich der Dauer u. s. w. Gründe vorhanden sind, weshalb es besser seyn möchte, eine andere Holzart anzuwenden.

k) Bremsen können auch in manchen Fällen benutzt werden, um zu verhindern, daß eine kreisförmige Bewegung in einer entgegengesetzten Richtung eintrete, eignen sich jedoch besser, die Bewegung einer Welle zu moderiren. Die Klemmung einer Bremse kann in der That in allen Graden stattfinden, und

zwar von dem Grade an, bei welchem die Bewegung gehemmt wird, bis zu demjenigen, wo die Welle fast ohne alle Behinderung umläuft. Erzeugt man nun mit der Bremse eine Klemmung, durch welche die Bewegung noch nicht gehemmt wird, so setzt doch der Widerstand der Reibung der Bewegung eine Behinderung entgegen, so daß ihre Geschwindigkeit stark abnimmt, oder im geringern Grade stattfindet. Die Bremse hindert dann durch Mäßigung der Bewegung den zu geschwinden Gang der Maschine, oder die beschleunigende Bewegung der Last, wodurch eben letztere die Oberhand über die Kraft erlangen kann u. s. w. Bei den Ausladekrahnen sind deshalb die Bremsen, sowohl um das Herabsteigen der Lasten zu mäßigen, als auch, um dieselben zu tragen, von großem Nutzen.

Von den Mitteln, die kreisförmige Bewegung zu reguliren, wird im folgenden §. gehandelt, indem diese Mittel allgemein sind und nicht ausschließlich beim Räderwerk in Anwendung kommen.

Es wird nicht nöthig seyn, durch besondere Beispiele zu zeigen, wie das Räderwerk benutzt wird, um kreisförmige oder in die Runde laufende Bewegungen mitzutheilen. Dazu kann man die Belege in allen Mühlenwerken, Fabriken u. s. w. finden, und es ist bereits in der vorhergehenden Abtheilung und auch in der gegenwärtigen so viel von der Benutzung und Anwendung der Räderwerke gesagt, daß man es für überflüssig halten kann, das eine und das andere noch durch Beispiele zu erläutern.

In dem vorhergehenden Artikel sind die Mittel angegeben, um durch Scheiben und Riemen, oder Schnuren ohne Ende kreisförmige Bewegungen fortzupflanzen, statt sich für diesen Zweck der Räder zu bedienen. Daselbst ist auch erörtert, wenn und wo man für diesen Zweck lieber ersteres als letzteres Mit-

tel anwenden muß. Der entgegengesetzte Fall soll jetzt durch ein besonderes dazu ausgewähltes Beispiel erklärt werden, und es kann dasselbe zugleich dienen, um, was von der Anwendung der ledernen Riemen gesagt ist, noch näher zu erläutern, wie auch um einige in diesem Artikel behandelte Gegenstände zu verdeutlichen und eine unmittelbare Anwendung eines der oben in §. III. angegebenen Mittel, wie man aus der kreisförmigen Bewegung eine geradlinige ableitet, darzulegen.

Das Beispiel soll bestehen in der Beschreibung und Beurtheilung einer Kunstdrehbank, die besonders eingerichtet ist, um Schrauben von allerhand Größen, mit Ausnahme sehr kleiner aus Holz und Metall zu schneiden.

Man hat sehr viele Arten, Schrauben zu schneiden, und mehrere Drehbänke sind dazu ganz besonders eingerichtet, doch kann man auf ihnen häufig nicht mehr als 5 oder 6 Schrauben von verschiedener Größe schneiden; andere sind zwar auf weniger enge Grenzen beschränkt, verdienen jedoch wegen ihrer zu großen Weitschweifigkeit in der Zusammensetzung wenig Empfehlung. Eine Maschine, auf welcher man die Schrauben mit einer mathematischen Genauigkeit verfertigen kann, muß immer sehr zusammengesetzt seyn, aber man kann viel von dieser Complication wegnehmen, wenn man einige Einzelnheiten der Einrichtung vereinfacht. Hieran scheinen die Mechaniker wenig gedacht zu haben, und vielleicht ist man der Meinung, daß die Maschine, welche jetzt beschrieben werden soll, mit der wenigsten Complication dem verlangten Zweck entsprechen könne.

Aus den im ersten Theile entwickelten Grundsätzen ist es bekannt, wie ein Schraubengewinde auf der Oberfläche eines Cylinders entsteht: es wird

nämlich beschrieben durch einen Punkt, welcher in der Richtung einer stehenden Seite längs der Cylinderoberfläche regelmäßig fortschreitet, während dieser Cylinder gleichmäßig um seine Welle umgedreht wird. Für jeden Umgang des Cylinders rückt der genannte Punkt durch einen Raum, welcher der Gang der Schraube heißt. Hieraus ergiebt sich nun, daß ein Drehstahl, welchem eine gleichmäßige geradlinige Bewegung mitgetheilt wird, auf der Oberfläche eines Cylinders ein Schraubengewinde schneiden müsse, wenn sich letzterer gleichmäßig umdreht (d. h. wenn er sich einmal umdreht, während der Drehstahl einen Weg zurücklegt, der die Breite des voraus bestimmten Ganges der Schraube besitzt) und der Drehstahl unter dieser Bewegung stark gegen den Cylinder angedrückt wird; es muß übrigens die Bewegung des Cylinders nach dem schneidenden Werkzeug zu gerichtet seyn, sonst bleibt es ohne Wirkung.

Auf diesen Grundsätzen muß nun die Zusammensetzung einer Drehbank zum Schneiden der Schrauben beruhen. Es folgt hier das Hauptsächlichste ihrer Einrichtung und Zusammensetzung.

Auf einer Welle Fig. 164 No. 1, welche von anderswoher Bewegung empfängt (und welche, wenn die Maschine in den Werkstätten einer Fabrik steht, gewöhnlich längs der Decke läuft) ist eine lose und feste Scheibe A aufgezogen, um mittelst eines Riemens der Welle der Trommel C Bewegung mitzutheilen; diese Welle oder Spindel der Drehbank (welche man sich zum größten Theil aus Gußeisen verfertigt denken muß) ruht in zwei Lagern, welche in den Unterstützungspunkten D, D liegen. Außerhalb des rechten Unterstützungspunktes trägt diese

Welle oder Spindel eine Scheibe E zwischen deren konischem Zapfen und demjenigen der Druckschraube G das zu bearbeitende oder das zu schneidende Stück (welches hier ein Cylinder ist, in welchen eine Schraube geschnitten werden soll) gespannt wird. Dieses Stück wird außerdem noch mit Bändern an der Scheibe E befestigt (vergleiche Fig. 116).

Die Zapfen (Körner) a' und a der Scheibe und der Druckschraube müssen vollkommen in derselben horizontalen Linie liegen. Die Form der Druckschraube ist in Fig. 164 No. 1 und 3 von der Seite und von vorn dargestellt. Sie läuft auf zwei Leisten NN No. 1, welche die Seiten oder die Abtheilungen der Drehbank bilden; die oberen Seiten dieser Leisten sind nicht eben, sondern dreieckig und überall von gleicher Dicke, Höhe und Form. Die Basis der Druckschraube kann mittelst zweier dreieckiger Nuthen e, e Fig. 164 No. 3 genau auf diesen oberen Rändern der Drehbank verschoben werden. Die Druckschraube läuft also über diese dreieckigen Ränder wie in zwei Geleisen.

Der oberste Theil der Druckschraube besteht aus einer genau ausgebohrten Hülse, durch welche ein Cylinder ab läuft. Dieser Cylinder kann vor- und rückwärts bewegt werden durch die Schraube bd, welche in einer Schraubenmutter c läuft, die fest mit dem Apparat oder noch besser mit dem Stuhle der Druckschraube verbunden ist.

Der Support L ist ein aus Eisen gegossener Apparat, welcher auf den dreieckigen Rahmenleisten NN der Drehbank Fig 164 No. 1 und 2 in zwei Nuthen e, e schlußgerecht aufsitzt und auf diese Weise auch mit der äußersten Genauigkeit längs der Drehbank bewegt werden kann. Er enthält zwei kleine Stücke Z, Z', in welche die Drehstähle, nachdem sie gehörig gegen das zu bearbeitende Stück gerichtet

sind, mit Schrauben festgestellt werden können. Diese Stücke können unmittelbar an die Basis L des Supports geschraubt werden, oder um dieselben in der erforderlichen Höhe zu stellen, an zwei hölzerne Blöcke M, M' geschlossen werden, die auf der Basis L befestigt sind.

Die Druckschraube G wird mittelst der Hand längs der Drehbank verschoben und gehörig gestellt; der Support wird in Bewegung gesetzt durch eine gezahnte Stange, oder besser noch, wie auch die Figur angiebt, durch eine lange, sehr genau verfertigte Schraube SS, deren Schraubenmutter t mitten in dem untern Ende des Supportes liegt, während sich die Schraubenspindel selbst in zwei oder mehr festen Pfannen oder Lagern r, s dreht. Wenn also die Schraube umgedreht wird, so bleibt sie an ihrer Stelle, bewegt aber den Support L längs der Drehbahn fort. Die Bewegung dieser Schraube wird erzeugt durch drei Räder H, I und K, welche außerhalb des linken Unterstützungspunktes D angebracht sind: H sitzt auf der verlängerten Spindel der Trommel C; K sitzt am Kopfe oder an der Verlängerung der Schraube SS; und I hat eine besondere Welle. Fig. 164 No. 4 giebt eine vordere Ansicht des Stuhles D mit den Rädern H, I und K.

Aus dieser Beschreibung der Maschine ergiebt sich nun, daß der Cylinder F seine Bewegung von der Welle der Scheiben A empfängt, und aus dieser Bewegung wird das geradlinige Fortschreiten des Supportes L durch die Schraube SS abgeleitet, die ihre Bewegung empfängt von der Spindel des Rades H vermittelst eines dritten Rades I, so daß die Schraube in derselben Richtung sich umdreht, wie der Cylinder F; deshalb müssen die Schraubengewinde links laufen, damit der Support von der Scheibe E nach der Druckschraube G hin sich bewege.

Wenn nun das Räderwerk so eingerichtet ist, daß, während die Trommel C mit dem Cylinder F sich einmal umdreht, der Support um so viel vorwärts bewegt wird, als der Gang der zu drehenden Schraube betragen soll, so ist es ganz offenbar, daß der Drehstahl auf der Oberfläche des Cylinders ein Schraubengewinde ausschneiden müsse, welches eine genau gleichförmige oder mathematische Form besitzt, wenn alle Theile der Maschine mit Genauigkeit verfertigt waren; denn alsdann rückt der Support bei jedem Theile der Umdrehung des Cylinders F immer um einen eben so großen Theil des Ganges der zu drehenden Schraube fort.

Aus letzterm Umstande folgt nun, daß, möge sich der Cylinder langsam, oder geschwind umdrehen, der Drehstahl immer dasselbe Schraubengewinde schneiden müsse, weil die Bewegung des Supportes von der Bewegung des Cylinders ganz und gar abhängt, mit einem Worte, demselben Gesetze unterliegt, wie die Bewegung des Cylinders. Deshalb kann man nun die Bewegung der Spindel der Drehbank durch Scheiben und Riemen ohne Ende mittheilen, weil die kleinen Unregelmäßigkeiten der Bewegung oder der Geschwindigkeiten, welche aus der Dehnbarkeit der Riemen entstehen, nicht die Folge haben können, daß der Support anders bewegt wird, als es geschehen muß, um das beabsichtigte Schraubengewinde zu schneiden. Aber wenn man die Bewegung der Spindel DD auch durch Riemen ohne Ende der Schraube SS mittheilen wollte, so würde die Geschwindigkeit dieser Spindel DD der Schraube SS nicht vollständig mitgetheilt werden; und würde auch nicht diese Mittheilung auf eine sehr ungleichförmige Weise stattfinden können, so erlangte dennoch der Support die erforderliche oder bestimmte Geschwindigkeit nicht;

aber diese Geschwindigkeit kann auch nie mit derjenigen des Cylinders F übereinstimmend seyn, und man muß folglich dafür sorgen, daß diese Ungleichheiten der Bewegung nicht existiren; deshalb wendet man genau gearbeitetes Räderwerk an, um die Bewegung der Spindel DD auf die Schraube SS fortzupflanzen.

Ein Schraubengewinde, sowohl ein flaches, als ein scharfes, kann nicht auf einmal durch den Drehstahl ausgeschnitten werden, besonders dann nicht, wenn der Cylinder aus irgend einem Metalle besteht; mehrmals muß derselbe und hernach andere Drehstähle die gezogene Schraubenlinie nach und nach austiefen, so daß, wenn der Support seinen Weg zurückgelegt hat und bei der Druckschraube G angelangt ist, die Bewegung aufhören und wieder von vorn beginnen muß. Man kann alsdann den Drehstahl aus dem Support nehmen und, indem man die Schraube SS mittelst einer Kurbel X in entgegengesetzter Richtung umdreht, den Support L wieder zurückgehen lassen, dann den Drehstahl wieder stellen und die Maschine abermals in Bewegung setzen, indem man den Riemen der losen Scheibe A auf die daneben liegende feste Scheibe verschiebt; aber während der Umdrehung der Schraube SS muß auch eins der Räder K oder I oder H vorn oder hinten ausgerückt werden, um mit den andern Rädern nicht mehr im Eingriffe zu stehen, damit die Spindel sammt dem Cylinder in Ruhe bleibe.

Diese Verrichtungen nehmen häufig viel Zeit in Anspruch, und diese Zeit ist gänzlich verloren; es ist deshalb besser, die Maschine in einer umgekehrten Richtung sich drehen zu lassen, sobald der Support seinen Weg zurückgelegt hat. Wenn man zuvor den Drehstahl aus seiner Hülse Z Fig. 164 No. 2 herausnimmt und denselben an der andern Seite der

Drehbank in die zweite Hülse Z' einschraubt und gegen den Cylinder F No. 1 stellt, so wird er auf dieselbe Weise schneiden, während F sich anders umdreht und der Support zurückkehrt, wie früher, wo er an der andern Seite der Drehbank vorwärts gieng; denn durch die Veränderung der Richtung der Bewegung des Cylinders dreht sich auch die Schraube anders um; der Support geht zurück, und der Cylinder wird wie zuvor gegen den Drehstahl bewegt u. s. w.

Die einfachste Weise, um die Richtung der Bewegung umzukehren, besteht nun darin, daß man die Maschine einen Augenblick still stehen läßt, den Riemen AC losschnallt und sich kreuzend um die Trommel C wieder zusammenschnallt. Die hierzu erforderliche Zeit ist wenigstens kürzer, als wenn man den Support mit der Hand wieder zurückschrauben muß.

Um diese Drehbank nun für den Zweck einzurichten, Schrauben von verschiedener Stärke und Breite des Ganges schneiden zu können, verdient bemerkt zu werden, daß für diesen Zweck dem Cylinder F verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeiten und dem Support L auch verschiedene Geschwindigkeiten des Fortschreitens gegeben werden können.

In dem Grade, in welchem die Substanz, aus welcher der Cylinder F besteht, härter ist, muß er langsamer gegen den Drehstahl bewegt werden. Wenn der Cylinder dicker ist, wird er auch, z. B. in einer Minute um eine gewisse Anzahl weniger Umgänge machen, als wenn er einen kleinern Durchmesser hätte; denn, wenn zwei Kreisumfänge in derselben Zeit eine Umdrehung vollenden, so wird ein Punkt des großen Kreisumfanges einen größern Weg beschreiben, als ein Punkt des kleinen Kreisumfanges, und der erste Punkt besitzt deshalb eine größere

Geschwindigkeit als der letzte; aber größere Stücke einer harten Substanz, z. B. schwere gußeiserne Wellen, müssen an ihren Umfängen sogar eine viel geringere Geschwindigkeit haben, als kleinere Stücke, weil bei größern Stücken die Drehstähle viel mehr angegriffen werden, als bei kleinern (weil sie im ersten Fall auch viel schneller heiß werden, und dieses die Drehstähle, selbst wenn sie beständig mit kaltem Wasser betropft werden, bald unbrauchbar macht), und weil endlich schwere Stücke, die mit derselben Geschwindigkeit bewegt werden, wie kleinere, der Maschine durch das beständige Anstoßen gegen den Drehstahl empfindliche Stöße versetzen.

Ueber diese verschiedenen Geschwindigkeiten können hier keine besonderen Grenzen festgestellt werden; dieses gehört für eine specielle Abhandlung über die Drehbänke u. s. w., während hier blos die Art und Weise, wie eine Drehbank einzurichten ist, ferner die Grundsätze, nach welchen man dabei zu Werke gehen muß, blos zur Erläuterung dessen, was in diesem Artikel früher gesagt ist, angegeben werden. Es möge deshalb für den gegenwärtigen Zweck die Bemerkung genügen, daß für Cylinder von verschiedener Substanz und verschiedener Dicke die Spindel D D der Drehbank eine verschiedene Anzahl Male muß umlaufen können. Man bestimme deshalb aus der Erfahrung, mit welchen Geschwindigkeiten die Umfänge von an Stoff und Dimensionen verschiedenen Cylindern gegen den Drehstahl bewegt werden müssen, um von demselben auf die gehörige Weise zu einer Schraube geschnitten zu werden. Diese Geschwindigkeiten lassen sich nicht für jeden Stoff mit mathematischer Genauigkeit bestimmen, weil von zwei Stücken Gußeisen, Holz u. s. w. das eine härter seyn kann, als das andere, und also streng genommen langsamer auf der Drehbank um-

laufen muß, als das zweite Stück; aber es trägt in dieser Hinsicht wenig zum guten Effecte bei, ob die Geschwindigkeit ein wenig größer oder geringer sey, oder ob man zwei Stücken, die in der Härte nicht sehr differiren, dieselbe Umdrehungsgeschwindigkeit verleihe.

Hat man nun bestimmt, mit welchen verschiedenen Geschwindigkeiten die Spindel der Drehbank muß umlaufen können, und kennt man die Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle der Scheibe A, so läßt sich auch sehr leicht berechnen, welche Durchmesser die Scheiben haben müssen, die man der Scheibe A gegenüber auf der Spindel der Drehbank aufziehen muß, um die genannten Geschwindigkeiten zu erlangen; denn um die verlangte Geschwindigkeit zu bekommen, multiplicirt man den Durchmesser der Scheibe A mit ihrer Umdrehungsgeschwindigkeit (d. h. mit der Zahl der Umläufe, die sie z. B. in einer Minute macht) und dividirt dieses Product durch die verlangte Geschwindigkeit der Spindel, um den Durchmesser der Scheibe zu bekommen, welche zur Erlangung der eben genannten Geschwindigkeit auf die Spindel aufgezogen werden muß.

Wie viele verschiedene Geschwindigkeiten verlangt werden, eben so viele Scheiben muß man haben. Einige derselben kann man zu einer Trommel vereinigen (wie in der Figur angegeben ist), und die Spindel zwischen den Stühlen DD dann so lang machen, daß man diese Trommel verschieben kann, um die erforderliche Scheibe gerade unter die feste Scheibe A bringen zu können. Andere Scheiben kann man einzeln, oder zu einer Trommel B vereinigt, auf die Welle der Scheibe A aufziehen, um sie, wenn es sich nöthig macht, mit den Scheiben C in Wirkung bringen zu können. Noch andere Scheiben kann man endlich abgesondert halten und die-

selben, sobald man ihrer bedarf, auf die Spindel der Drehbank ziehen. Diese Spindel muß alsdann aus ihren Lagern gehoben werden, doch dieses ist in sehr kurzer Zeit geschehen. Einfachere Verfahrungsarten, als die drei erwähnten, giebt es nicht, weil man immer so viele verschiedene Scheiben haben muß, als verschiedene Geschwindigkeiten erfordert werden.

Es muß nun noch dem zweiten Erforderniß entsprochen werden, nämlich daß man im Stande ist, die Geschwindigkeit des Supportes so zu verändern, als erforderlich ist, um eine Schraube von größerem, oder kleinerem Gange zu drehen. Mit demselben Räderwerke H, I, K bekommt die Schraube SS eine andere Umdrehungsgeschwindigkeit, wenn die Spindel des Cylinders F eine andere Geschwindigkeit besitzt, und man bekommt deshalb auch jedesmal einen andern Gang des Supportes L und einen andern Gang an der zu drehenden Schraube. Aber es würde sehr zufällig seyn, wenn dieser Schraubengang immer derjenige wäre, den der Cylinder F bekommen soll. Deshalb muß man nun auch im voraus bestimmen, welche Durchmesser die Räder H, I, K haben müssen, um aus einer verlangten Geschwindigkeit der Spindel DD die Schraube SS so langsam oder geschwind sich umdrehen zu lassen, daß der Support L bei einer Umdrehung der eben genannten Spindel einen Raum durchläuft, der Breite des Ganges gleich, den die zu drehende Schraube bekommen soll; und für diesen Zweck wird man dann mit einer Verbindung von drei Rädern H, I, K nicht ausreichen, sondern mehrere vorräthig haben müssen, die einander zu substituiren wären. Man glaube jedoch nicht, daß die Anzahl dieser Räder sehr groß seyn müsse, weil der Gang einer Schraube an Größe oder Breite sehr verschieden seyn kann;

denn die Zahl der Schrauben, welche für verschiedene mechanische Zwecke gerade einen bestimmten Gang haben müssen, ist keineswegs sehr groß; für andere Schrauben, z. B. für Verbindungsschrauben, bei welchen es nicht darauf ankommt, ob der Gang eine oder zwei Linien mehr oder weniger breit sey, braucht man kein besonderes Räderwerk zu haben, weil man aus dem Vorrathe von Rädern immer solche wählen kann, mit welchen die Bewegung des Supportes derjenigen sehr nahe kommt, welche man verlangt.

Mit verschiedenen Sätzen von zwei Rädern H und K kann man immer aus einer gegebenen Umdrehungsgeschwindigkeit der Spindel DD eine im voraus zu bestimmende Geschwindigkeit der Schraube SS und dem Support L geben; für diesen Zweck müssen die Durchmesser dieser Räder sich zu einander blos umgekehrt verhalten, wie die gegebene und verlangte Geschwindigkeit. Wenn aber der Abstand der Wellen H und K nicht sehr klein ist, so kann der Fall eintreten, daß das eine Rad schon an und für sich, wie auch im Verhältnisse zum andern zu groß werde, um noch eine genaue Wirkung zu leisten, worauf es bei der Bewegung der Schraube SS hauptsächlich ankommt; auch muß man für jede andere Verbindung zwei andere Räder haben. Das eine und das andere findet nicht statt, wenn man ein drittes Rad I mit den beiden andern verbindet; alsdann wird das Räderwerk immer viel kleiner, als wenn nur zwei Räder angewendet werden, und man braucht nun blos ein einziges anderes Rad an die Stelle von H, I oder K zu bringen, und dasselbe mit den beiden andern in Eingriff zu setzen, um sogleich eine andere Umdrehungsgeschwindigkeit der Schraube SS zu erhalten.

In der Figur sind nun auch, um die Sache ganz allgemein darzustellen, drei Räder angegeben: die Räder H und K, welche außerhalb der Stühle DD liegen, können sehr leicht von ihren Wellen gezogen und durch andere ersetzt werden, so daß diese Wellen jederzeit ihre Stellung behalten, was auch nothwendige Bedingung ist. Damit aber die Räder H und K mit dem dritten Rade I, oder dieses mit den zwei andern Rädern in Wirkung kommen können, macht es sich nothwendig, daß die Welle des dritten Rades seitlich nach oben und nach unten verrückt werden könne, wozu folgende Einrichtung dienen kann:

Die Welle QQ des Rades I läuft in zwei Lagern k, k Fig. 164 No. 1 und 5, welche in den Stühlen PP liegen. Diese Lager können in zwei Nuthen aufwärts und niederwärts bewegt und also sammt der Welle des Rades I höher oder tiefer gestellt werden. In dieser Stellung kann man ein Klötzchen ihnen zur Unterstützung geben, damit sie nicht wieder herabsinken, denn die Lager werden auf die Weise gleichzeitig höher und tiefer gestellt, daß man eine kleine Welle ii umdreht, worauf die Getriebe TT die Zahnstangen RR höher oder tiefer steigen lassen, und damit zugleich auch die Lager k, mit welchen die Zahnstangen in Verbindung stehen. Die Welle ii wird mit einer Kurbel oder mittelst eines kleinen Haspelrades U in Umdrehung gesetzt.

Diese Einrichtung ist die wohlfeilste, doch eine weit genauere Wirkung erlangt man, wenn die beiden Lager k Fig. 164 No. 6 mit zwei Schrauben gl in Verbindung gesetzt werden, die in den festen Muttern hh sich drehen und durch ein schwaches Kettchen mn (welches über zwei mit Stiften gg besetzte Scheiben läuft, welche Stifte an den Schraubenköpfen sitzen) zu gleicher Zeit bewegt werden.

Auf diese Weise hat man auch nicht nöthig, die Wellenlager k durch Klötzchen u. s. w. zu unterstützen.

Der Stuhl PP kann ferner durch das Umdrehen einer Schraube V mittelst des Schwengels W seitwärts verschoben werden, indem das Fußstück O mit einer dreieckigen Leitung ff ausgestattet ist, auf welche der Stuhl PP, der mit dreieckigen Nuthen versehen ist, ganz regelmäßig verschoben werden kann. Die Schraube V ist mit einem Hals und einem Kragen am Stuhle PP befestigt und läuft durch eine feste Mutter o Fig. 164 No. 5 die am Fußstück O befestigt ist.

Diese seitliche Bewegung des Stuhles, verbunden mit der senkrechten Bewegung der Lager k geben das Mittel an die Hand, die Welle des Rades I in den erforderlichen Abstand von den Wellen der Räder H und K zu bringen. Man kann den Stuhl PP noch anders einrichten, als in der Figur angegeben ist, um die zwei eben erwähnten Bewegungen durch drei Schrauben zu erlangen, wahrscheinlich möchte aber das beschriebene Verfahren das einfachste seyn.

Ein Beispiel von der Wirkung gezahnter Cylinder Fig. 100 auf Räder, die zugleich in der Richtung ihrer Welle bewegt werden, findet man in manchen Pressen Fig. 165, in denen die Umdrehung der Schraube durch horizontale Hebel BC und CD geschieht und also anhaltend stattfindet, indem ein Arbeiter am vortheilhaftesten seine Kraft ausübt, wenn er an einem Hebel arbeitet, der ununterbrochen in die Runde bewegt werden kann und nicht jeden Augenblick von Neuem angesetzt werden muß, wie es bei den gewöhnlichen Pressen der Fall ist, und wobei deshalb sowohl Kraft, als Zeit verloren geht.

Die Schraube G läuft bei F durch eine metallene Mutter und bei b durch eine Leitungshülse, um den vollkommen vertikalen Stand derselben zu erhalten; über dieses läuft die Brücke oder Platte H, welche von der Schraube auf- und niederbewegt wird, zwischen zwei Leitstangen cd und ef, und zum Ueberfluß kann der verlängerte Kern der Schraubenspindel noch in einer zweiten Hülse bei a laufen. Wenn nun die Hebel BC und CD umgedreht werden, so wird der gezahnte Cylinder A das Rad E sammt der Schraube G in Umdrehung versetzen, wodurch also das Rad E auch noch eine senkrechte Bewegung in der Richtung seiner Welle bekommt. Auf dem Fußstücke dieser Presse stehen vier Säulen I, welche die Mittelplatte MM unterstützen; die obere Platte wird von vier kleinern Säulen K getragen.

Man benutzt diese Art von Presse unter andern auch zur Verfertigung großer feuerfester Steine, aus welchen z. B. die Oefen construirt werden, in denen man verschiedene Metalle schmelzt, glüht oder röstet. Diese Steine müssen eine große Dichtigkeit besitzen, weshalb man dieselben, nachdem sie mit viel Genauigkeit geformt sind, unter der Platte oder Brücke H (welche in diesem Fall aus einer kupfernen Platte besteht) zusammenpreßt. Dieses Zusammenpressen kann sehr weit getrieben werden, so daß die geformten Steine endlich noch die Hälfte ihrer anfänglichen Dicke besitzen; denn die langen Hebel CD, CB, das kleine Getriebe A und das Rad B, endlich die Schraube G sind alles so viel vermögende Mittel, um den Druck bei H auf die Stoffe L im hohen Grade anzuhäufen.

In einer Maschine, welche bestimmt ist, Verbindungsschrauben und Schraubenmuttern von mittelmäßiger Größe auf Patronen zu schneiden, wird auch ein gezahnter Cylinder angewendet, um das

Rad zu bewegen, welches an seiner Welle den Bolzen trägt, der in der Patrone einer Mutter zur Schraube ausgedreht werden soll; denn dieses Rad wird dann auch um eben so viel verrückt, als die Schraube in der Mutter vorwärts schreitet, wie es bei der Presse Fig. 165 auch der Fall ist.

In derselben Maschine findet man eine Anwendung des oben beschriebenen Mittels Fig. 149, um die Welle des gezahnten Cylinders anders umlaufen zu lassen, nachdem die Schraube ihren Weg durch die Patrone der Mutterschraube vollendet hat und wieder zurückgeführt werden soll.

Es ist wegen des reichhaltigen Stoffes nicht möglich, alle einzelnen Werkzeuge und Maschinen zu kennen, in welchen alle die oben angegebenen Mittel, die Bewegung fortzupflanzen, zu hemmen u. s. w. in Anwendung sind. Dieses wird denn auch weniger nöthig seyn, da es bei der Angabe dieser Mittel hier und da bemerkt ist, für welchen Zweck sie manchmal angewendet wurden.

17) Besondere Mittel. Am Umfang einer Scheibe AB Fig. 166 No. 1, welche sich um die Welle DE dreht, sind einige schiefe Flächen cd, ef, gh u. s. w. angebracht, die sämmtlich die Form von Schraubenflächen besitzen und gleichweit von einander abstehen. Diese schiefen Flächen treten aus dem Rande der Scheibe hervor, oder sind halb erhaben, was sich aus dem Grundrisse der Scheibe AB Fig. 166 No. 2 einigermaßen ergiebt (diese Projection ist nach einem kleinern Maaßstabe gezeichnet). Eine Welle C, rechtwinklig gegen die Welle CD gerichtet, trägt eine Scheibe ab, auf deren Umfange die länglichen Rollen i, i, i u. s. w. an schwachen Spindeln sitzen. Legt man nun diese Scheibe dergestalt, daß die Röllchen auf die schiefen Flächen zu liegen kommen, so werden sie während

des Umdrehens der Scheibe AB wechselsweise von den nachfolgenden schiefen Flächen aufgenommen werden, und die Scheibe ab wird auf diese Weise mit ihrer Welle umgedreht werden. Dieses Mittel, welches sich als eine Modification der Schraube ohne Ende darstellt, wird benutzt, um auf eine eigenthümliche Weise die Bewegung rechtwinklig überzutragen. Die Bewegung der Scheibe ab wird jedoch nicht sehr regelmäßig seyn, auch muß die Last sehr leicht seyn, wenn man dieses Mittel mit einigem Nutzen anwenden will; die Welle C der Scheibe ab wird auch in der Richtung ihrer Länge gegen die Wand eines ihrer Lager angedrückt.

Wenn man zwei Zapfen c und d Fig. 167 No. 1 in gleichen Abständen ac und bd von den Wellen zweier Scheiben A und B (die auf gleicher Höhe liegen und deren Wellen parallel laufen) an diesen Scheiben befestigt, durch eine Stange cd in Verbindung setzt, so wird die eine Scheibe oder deren Welle a sich nicht drehen können, ohne die andere B mit sich zu führen, oder vor sich herzutreiben. Sitzen nun die Scheiben A und B an den Enden zweier Wellen außerhalb der Zapfenlager, so wird das beschriebene Mittel benutzt werden können, um einer Welle B, welche in einiger Entfernung von A liegt, eine kreisförmige Bewegung von derselben Geschwindigkeit mitzutheilen, mit welcher A sich umdreht.

Bei einigem Nachdenken wird man sich überzeugen, daß man vollkommen dasselbe Resultat erlangt, wenn man Fig. 167 No. 2 an die Enden zweier Wellen Aa und Bb zwei Kurbeln ac und bd befestigt, die zu einander p a r a l l e l gerichtet sind, dieselbe Länge haben und bei c und d durch Gelenke mit derselben Stange cd verbunden sind. Diese Stange muß aus den Mittelpunkten der Ge-

lenkzapfen c und d gerechnet, eine Länge haben, welche dem Abstande der Mittelpunkte beider Wellen A und B gleich ist.

Es ist bereits aus dem ersten Theile dieses Werkes bekannt, daß, wenn die Kraft, welche eine Kurbel umdreht, nicht die Richtung einer Tangente des Kreises hat, den das Ende der Kurbel beschreibt, die Wirkung alsdann in jedem Augenblicke der Bewegung verschieden seyn müsse. Dieses findet hier statt; und da beide Kurbeln durch eine Scharnierverbindung vereinigt sind, so geht daraus hervor, daß das fragliche Mittel sich besonders für geschwinde Bewegungen nicht eignet, es müßten denn die Wellen sehr leicht laufen und auch die Gelenke sehr sorgfältig und genau verfertigt seyn.

Man kann auf dieselbe Weise drei und mehr Wellen Fig. 167 No. 3 und 4 zugleich mit derselben Geschwindigkeit in Umlauf versetzen, indem man nur eine derselben umdreht. An den Enden der Wellen Fig. 167 No. 4 und außer ihren Zapfenlagern müssen dann nur eben so viele Kurbeln von paralleler Richtung, gleicher Länge, mit Augen und Zapfen an denselben Stab c d geschlossen, außerhalb ihren Lagern angebracht werden. Wenn man die Kurbeln nicht außerhalb der Lager an den Enden der Wellen anbringen kann oder will, so müssen die Wellen mit Kröpfungen g, g, g u. s. w. Fig. 167 No. 5 versehen werden, an welche der Stab oder die Stange c d mit Ringen geschlossen ist. Diese Kröpfungen sind eigentlich Kurbeln oder Krummzapfen, wenigstens sind sie in der Wirkung von ihnen nicht im Geringsten verschieden.

Ueber die Dimensionen und Formen der Kurbeln, welche zur Fortpflanzung der Bewegung dienen, findet man hinlängliche Zurechtweisungen im folgenden Capitel §. IV.

§. V.

Ueber die Mittel, welche angewendet werden, um die kreisförmige Bewegung zu mäßigen oder zu reguliren.

18) Da es bei allen Maschinen eine erste Bedingung ist, daß die Wellen, welche auf verschiedene Theile Bewegung übertragen sollen, regelmäßig umlaufen, so ist es von großem Belang, die Mittel und zwar die vornehmsten und gebräuchlichsten Mittel anzugeben, wodurch die Regelmäßigkeit befördert, oder auch wohl zum Theil erlangt wird, wenn sie nicht vorhanden ist.

Die unregelmäßige Umdrehung der Wellen und Räder entsteht im Allgemeinen (und zwar ohne voraus zu setzen, daß die Theile der Maschine ohne Genauigkeit verfertigt sind):

a) Aus der unregelmäßigen Wirkung der bewegenden Kraft; und dieses ist wohl die allgemeinste Ursache der Unregelmäßigkeiten in der Bewegung der Maschinen, selbst wenn man voraussetzt, daß alle Theile der Maschine die möglichste Richtigkeit der Form und der Dimension besitzen; denn die Wirkung der meisten bewegenden Kräfte, die zur Bewegung von Maschinen angewendet werden, wie z. B. die Kräfte von Menschen und Thieren, die Kräfte des Wassers, des Windes und des Dampfes, sind beinahe jeden Augenblick veränderlich, so daß z. B. eine Welle in einer Minute nicht eben so viele Umgänge macht, als in einer andern, wie sich in der Folge näher ergeben wird. Diese Ungleichheit der Wirkung kann in solchem Maaße stattfinden (und eine größtmögliche Regelmäßigkeit der Bewegung kann für die verlangte Leistung der Maschine äußerst nothwendig seyn), daß es unvermeidlich nothwendig wird, die Ungleichheiten der Bewegung entweder unmittelbar zu beseitigen, oder

ihren Einfluß auf den Effect so gut wie möglich zu vernichten.

b) **Aus der unregelmäßigen Wirkung der Last**; denn die Last kann von der Art seyn, daß beständig ein anderer, entweder größerer oder geringerer Widerstand dargeboten wird. Dadurch wird natürlich die bewegende Kraft in dem einen Augenblicke mehr behindert, als in dem vorhergehenden oder folgenden Zeittheile, und die Folge davon muß seyn, daß der Gang der Maschine bald geschwinder, bald langsamer ist, und daß sie eben deshalb keine regelmäßige Bewegung besitzt.

Die Unregelmäßigkeiten der Bewegung, aus welcher der zwei genannten Ursachen sie auch entstehen mögen, ganz zu beseitigen, ohne daß es auf Kosten der bewegenden Kraft geschieht, ist häufig nicht möglich, und die meisten Mittel sind dann auch selten ohne Fehler; jedoch in Ermangelung besserer müssen sie wohl angewendet werden, um das Unvollkommene in der Bewegung der Maschinen zu vermindern.

Die unregelmäßige Wirkung der bewegenden Kraft kann entstehen:

A. **Aus der Art der bewegenden Kraft, in Folge welcher sie nicht im Stande ist, jeden Augenblick vollkommen mit demselben Kraftvermögen auf die Maschine zu wirken.**

B. **Aus der Beschaffenheit der mechanischen Theile, welche die Eindrücke der Kraft von den ersten oder vordersten Theilen der Maschine empfangen und auf die fernern oder folgenden Theile übertragen**; denn diese können sich so verhalten, daß sie die genannten Eindrücke jedesmal mit einem verschiedenen Hebelarm fortpflanzen und also auf eine

unregelmäßige Weise, wodurch dann die bewegende Kraft jedesmal einen verschiedenen Widerstand zu überwinden hat. Dieses ist z. B. der Fall, wenn die kreisförmige Bewegung durch Kurbeln mitgetheilt wird, was im folgenden Kapitel §. III. näher entwickelt werden soll.

19) A. Die Mittel, durch welche die unregelmäßigen Wirkungen der bewegenden Kraft vernichtet oder vermindert werden können, wenn sie aus ungleichen Eindrücken dieser Kraft entstehen, sind bekannt unter den Benennungen: Spiralspindeln oder Schnecken, konische Pendel oder Geschwindigkeitsmoderatoren, Regulatoren u. s. w., Windflügel, Windfänge und Bremsen.

I. Spiralspindeln oder konische Schnecken. Wenn die bewegende Kraft vom Anfange der Bewegung bis ans Ende auf eine regelmäßige Weise ab- oder zunimmt, so kann man dadurch, daß man den Hebelarm, auf welchen sie unmittelbar wirkt, um gleichviel vermehrt oder vermindert, die Geschwindigkeit der Bewegung der übrigen Theile der Maschine dadurch gleich, oder ziemlich gleich machen. Derjenige Theil, auf welchen die bewegende Kraft unmittelbar wirkt, bekommt dann die Gestalt eines abgestutzten Kegels, welcher von oben nach unten schraubenförmig ausgeschnitten ist (wie die in Fig. 71 dargestellten Kegel) und den Namen einer kegelförmigen Schnecke.

Dieses Mittel wird nur dann angewendet, wenn das Vermögen der bewegenden Kraft und die Größe ihrer Veränderungen klein sind, wie dieses z. B. der Fall ist in den gewöhnlichen kleinen Uhrwerken. Die Kraft, welche den Rädern eines solchen Uhrwerkes Bewegungen mittheilt, ist diejenige einer gespannten Feder, welche um eine Spin-

del spiralförmig, d. h. um sich selbst aufgewickelt ist und mit ihrem andern Ende an der innern Wand einer Trommel angehakt ist, in welcher die aufgewickelte Feder eingeschlossen ist. Die Feder soll sich durch ihre Federkraft ausspannen, d. h. sie soll sich von der Spindel, um welche sie gewickelt ist, abzuwickeln streben; dieses kann jedoch nicht geschehen, ohne daß die Trommel, an welche sie gehakt ist, umgedreht wird. Die Feder theilt also der Trommel Bewegung mit, und die Trommel mittelst der Kette der Schnecke, und so weiterhin dem Räderwerk.

Da eine gespannte Feder sich mit um so größerer Kraft ausspannt, je stärker sie gespannt ist, so wird diese Kraft am größten seyn zu Anfang der Ausspannung, und wird von diesem Augenblick an unmerklich abnehmen, so daß die Trommel stets langsamer oder mit geringerer Kraft sich umdreht. Damit aber dieses auf die Bewegung des Räderwerkes keinen Einfluß habe, macht man die Schnecke, d. h. den Haspel, von welchem die Kette abgewunden wird, konisch, so daß die Halbmesser des Haspels größer werden, wenn die Feder mit weniger Kraft sich auszuspannen strebt; alsdann wirkt sie an einem längern Hebelarme der Schnecke, und ihre eigentliche Wirkung bleibt sich so immer gleich.

II. Konische Pendel. Es sey EF Fig. 168 No. 1 eine stehende Welle oder Spindel, welche ihre Bewegung von einer andern Welle AB durch Räderwerk DE empfängt; a und b sind zwei Kugeln, gewöhnlich aus Gußeisen und an zwei Stangen aF und bF befestigt oder geschraubt, welche sich um einen gemeinschaftlichen Zapfen F drehen können, der irgendwo durch die Spindel EFG gesteckt ist. Die Kugeln a und b können sich nun mit den Stangen aF und bF ungehindert um den Punkt F drehen,

und müssen also, wenn die stehende Spindel sich in Ruhe befindet, durch ihre Schwere herabsinken, und wenn sich kein Hinderniß findet, an die Spindel GE sich anlegen; wenn jedoch GF in Bewegung ist, so müssen die Kugeln zugleich mit umgeführt werden. Durch diese Umdrehung werden sie wegen der Centrifugalkraft aus ihrer Stellung gebracht und von der Spindel EFG entfernt. Das Streben, sich von derselben zu entfernen, nimmt natürlich zu mit der Zunahme der Geschwindigkeit der Spindel EG (siehe Theil I. Abth. I. Art. 39), so daß sie bei einer Zunahme der Geschwindigkeit aus dem Stande Fa, oder Fb in den Stand Fa' oder Fb' gebracht werden u. s. w. Die Kugeln schwingen auf diese Weise beständig im Kreise und zwar in der Oberfläche eines Kegels, von welchem die Stangen aF und bF als aufstehende Seiten und F als Scheitelpunkt zu betrachten sind. Darum wird der Apparat konische Pendel genannt.

So wie das gewöhnliche Pendel in den Uhrwerken dazu dient, die Geschwindigkeit der Bewegung der verschiedenen Räder regelmäßig zu machen, und so wie eben dasselbe Pendel das regelmäßige Sinken der Gewichte (die in den Uhrwerken die Bewegung erzeugen) verursacht, eben so kann das konische Pendel dazu dienen, um die Kräfte, welche andere und noch größere Maschinen, als Uhrwerke in Bewegung setzen, einen regelmäßigen Effect hervorbringen zu lassen, obschon keineswegs auf eine so vollkommene Weise wie das Pendel in den Uhrwerken.

Die Art und Weise, wie man die Wirkung des konischen Pendels erlangt, besteht im Allgemeinen darin: G ist eine kupferne Hülse, welche die runde Spindel GF gut umschließt und ohne viel Reibung längs derselben bewegt werden kann. Diese Bewegung geschieht gleichzeitig mit der Veränderung des

Abstandes der Kugeln von der Spindel GE; denn mit der Hülse sind durch Scharniere oder Gelenke zwei Arme verbunden ce und de, die wiederum durch ein Gelenk oder Scharnier mit den Armen Fc und Fd verbunden sind, welche mit den Stangen aF und bF jeder einen Hebel ausmachen, dessen Drehungspunkt in F liegt. Wenn nun die Kugeln sich von der Spindel EF entfernen, und zwar in Folge der Geschwindigkeitszunahme dieser Spindel, so werden die Arme Fc, Fd z. B. in den Stand Fc', Fd' kommen, was nicht geschehen kann, ohne daß ec und ed sich um die Gelenke c, d und e drehen und sich in die Stellung c'e' und d'e' begeben, wodurch dann die Hülse G längs der Spindel GF niederwärts gezogen wird.

Durch die Bewegung der Hülse G muß nun der verlangte Effect erreicht werden, was auf zweierlei Weise geschehen kann:

1) Indem man die Hülse mit einem Hals und Kragen versieht; in diesen Hals das gabelförmige Ende des Armes eines Hebels Gfg greifen und diesen Hebel unmittelbar oder durch andere Hebel auf Theile oder Stücke wirken läßt, die verursachen können, daß die bewegende Kraft mit mehr oder weniger Vermögen auf die Maschine wirkt.

2) Indem man mit einer ähnlichen Zusammensetzung von Hebeln die durch die Kraft zu überwindende Last oder den Widerstand größer oder kleiner seyn läßt, je nachdem die Welle AB ein Uebermaaß oder einen Mangel der Geschwindigkeit besitzt; denn im ersten Falle muß dann die Geschwindigkeit von AB abnehmen, während der Kraft ein größerer Widerstand geboten wird; und in dem zweiten Falle wird durch die Verminderung des Widerstandes ein größerer Theil der Kraft wirksam wer-

den, um die Maschine zu bewegen, weshalb dann auch die Welle A B geschwinder umlaufen wird.

Man kann auch das konische Pendel manchmal benutzen, um beim Zunehmen oder Abnehmen der Geschwindigkeit der Bewegung einer Maschine den Druck der arbeitenden Theile zu vermindern, oder zu vermehren, damit die Quantität der Wirkung (welche man erhält, wenn man den Druck mit der Geschwindigkeit multiplicirt) dieselbe bleibe, und so auch der Effect der Maschine. In diesem Falle regulirt das Pendel also nicht die Geschwindigkeit der Bewegung, sondern unmittelbar den Effect.

Die Weise, wie die regelmäßige Geschwindigkeit in dem ersten der so eben genannten Fälle erlangt wird, wird schwerlich vollkommen begriffen werden, wenn man nicht bereits einigermaßen bekannt ist mit den Maschinen, durch welche allgemeine bewegende Kräfte, wie z. B. das strömende Wasser und der Dampf ihr Vermögen auf eine Last ausüben; dem ungeachtet wird man aber die folgenden Erklärungen gut verstehen können.

Es möge sich ein Rad mit Schaufeln oder Bretern um eine horizontale Welle drehen und, um andern Theilen Bewegung mitzutheilen, mit diesen Schaufeln bis zu einer gewissen Tiefe in ein strömendes Wasser gebracht werden, so wird dasselbe bei hinlänglicher Kraft des Stromes, welcher gegen die genannten Schaufeln anstößt, umgedreht werden. Die Geschwindigkeit der Umdrehung wird natürlich größer, oder kleiner seyn, je nachdem in derselben Zeit mehr, oder weniger Wasser gegen die Schaufeln strömt, oder je nachdem die Schaufeln mehr, oder weniger tief im Strome stehen. Verändert sich deshalb die Geschwindigkeit des Stromes durch irgend eine Ursache, so verändert sich auch die Quantität des anstoßenden Wassers, und die Geschwindigkeit

der Umdrehung des Rades muß folglich sich auch verändern, wie dieses auch der Fall seyn wird, wenn die Wasserhöhe steigt, oder fällt. Um eine gleichmäßige Bewegung zu haben, muß man dann im Allgemeinen dahin wirken, daß die Schaufeln auf einer bestimmten Ausbreitung, oder auf eine bestimmte Tiefe immer in derselben Zeit dieselbe Quantität Wasser empfangen. Dieses kann man unter andern gewissermaßen erreichen, wenn man vor das Rad einen Schieber bringt (ganz so wie eine gewöhnliche Fallthür eingerichtet) und das Rad von beiden Seiten zwischen zwei Mauern einschließt, so daß alles Wasser genöthigt wird, durch den genannten Schieber zu strömen. Es wird dadurch begreiflich, daß man durch das Auf- und Niederziehen dieses Schiebers oder Schützes die Quantität des durchströmenden Wassers auf eine zuverlässige Weise vermehren oder vermindern könne.

Wenn nun dieser Schütz durch eine Stange, oder auf eine andere Weise verbunden wird mit dem Hebel Gfg Fig. 168 No. 1, so wird natürlich die Bewegung dieses Hebels auf den Schütz fortgepflanzt werden. Man richte nun die Verbindung der Hebel u. s. w. so ein, daß, wenn die Geschwindigkeit des Wasserrades (und also auch die Geschwindigkeit der einen, oder der andern Welle der Maschine) zunimmt (und wenn also die Kugeln des Pendels sich von der Spindel GE entfernen und die Hülse G niederwärts ziehen), alsdann der Schütz vor dem Wasserrade mehr oder weniger zugeschoben werde, so nimmt natürlich der Wasserstrom gegen das Rad ab, die bewegende Kraft wirkt deshalb mit geringerem Vermögen, und die Geschwindigkeit, die erst zu groß war, wird dann abnehmen und von selbst das erforderliche mittlere Maaß erlangen. Wird die Geschwindigkeit zu gering, so

werden die Kugeln des Pendels niedersinken, die Hülse G wird emporgeschoben werden, und der Schütz, der nun anders gezogen wird, öffnet sich, um mehr Wasser auf das Rad strömen zu lassen und auf diese Weise den Mangel an Geschwindigkeit wieder zu ersetzen.

Die Art und Weise, wie die Mittheilung der Bewegung der Kugeln auf den genannten Schütz gewöhnlich bewirkt wird, soll in der Folge bei der Behandlung der Wasserräder vorgetragen werden; denn das oben Gesagte mag hier blos zur Erläuterung dienen.

Auf dieselbe Weise kann man sich auch einen Begriff machen von der Anwendung des konischen Pendels in Dampfmaschinen, um die Geschwindigkeit ihrer Bewegung zu reguliren; denn in diesen Maschinen wirkt die Hülse G auf ein Ventil in der Röhre, durch welche der Dampf aus dem Kessel in den Treibcylinder streicht, um hier seine elastische Kraft auszuüben. Durch die Bewegung der Hülse G wird das genannte Ventil mehr oder weniger geschlossen, oder geöffnet, um den Dampf in größerer, oder geringerer Quantität durchstreichen zu lassen.

In Windmühlen kann man das konische Pendel auch benutzen, um auf eine mechanische Weise bei Zunahme, oder Abnahme der Windkraft die Geschwindigkeit der Flügel zu vermindern, oder zu vermehren; aber diese Einrichtung wird eine zu große Complication der Maschine zur Folge haben und obendrein den Zweck sehr mangelhaft erfüllen; man zieht es deshalb vor, die Regulirung der Geschwindigkeit, oder auch die Mäßigung derselben auf die zweite der oben genannten Arten zu bewirken, indem man nämlich bei Vermehrung, oder Verminderung der Geschwindigkeit der Bewegung den Widerstand, welchen die bewegende Kraft überwinden muß,

vergrößert, oder verkleinert. Man kann dieses erreichen, indem man das Pendel auf die Mühlenbremse wirken läßt, so daß diese mit mehr, oder weniger Druck auf das obere Mühlenrad oder das obere Rad wirkt und dadurch den Gang der Maschine mehr, oder weniger behindert; aber dieses Verfahren kann gefährliche Folgen haben, oder wenigstens weniger vollkommen seyn, als wenn man die Veränderung des Widerstandes aus der Vermehrung, oder der Verminderung der eigentlichen Last ableitet.

Für jede Art der Last, d. h. für jede Art der Arbeit, welche die Windmühle verrichtet, ist dieses nicht immer gleich leicht, häufig auch nicht möglich, und es würde hier einen zu großen Abstecher verursachen, die verschiedenen Fälle in Betrachtung zu ziehen. Aber weil es uns nur darum zu thun ist, durch ein Beispiel die Anwendung des konischen Pendels zu zeigen, so wird es auch ausreichend seyn, anzugeben, wie in einer gewöhnlichen Getreidemühle z. B., die durch den Wind in Bewegung gesetzt wird, das konische Pendel benutzt werden kann, um durch die Veränderung der Geschwindigkeit den eigentlichen Effect unmittelbar zu reguliren, so daß dieser immer beinahe derselbe bleibt.

Bekanntlich wird das Getreide gewöhnlich zwischen zwei horizontalen runden Steinen AB und CD Fig. 169 in Mehl verwandelt, von welchen der unterste CD in einer Tonne ab auf einer Decke EF in Ruhe liegt und der Bodenstein genannt wird, während der andere AB auf dem ersten CD bewegt wird oder umläuft und die Körner, welche durch eine Oeffnung de regelmäßig zwischen die beiden Steine fallen, zu Mehl zerreibt. Dieser oberste Stein wird deshalb auch der Läufer genannt; er sitzt an der Welle oder Spindel eG, welche durch eine runde

Oeffnung im Bodensteine CD läuft und bei G in einer steinernen Pfanne sich bewegt.

Eine andere Spindel greift mit einer Klaue in ein eisernes Kreuz, welches über der Oeffnung e d mit dem Läufer verbunden ist. Diese Spindel empfängt ihre Bewegung von einem Rade I, welches auf das Rad oder den Drilling K wirkt, während I mit Hülfe der nöthigen Räder von der bewegenden Kraft in Umdrehung gesetzt wird. Auf diese Weise dreht sich also der Läufer auf dem Bodensteine und zerreibt das Getreide zu Mehl. Dieses Zermahlen ist eine Folge des Gewichtes und der Geschwindigkeit des Läufers, und es giebt natürlich ein bestimmtes Gewicht, womit der Läufer das Getreide drücken und eine bestimmte Geschwindigkeit, mit welcher er das Getreide mahlen muß, damit das Product, nämlich das Mehl, von einer verlangten Beschaffenheit sey, d. h. (alles Uebrige nebst der Beschaffenheit des Getreides als gut vorausgesetzt) damit das Mehl einen verlangten Grad von Feinheit habe, und daß die Kleien nicht fein gemahlen sind u. s. w. Sobald das Gewicht und die Geschwindigkeit zu viel von dem bestimmten Gewicht und von der richtigen Geschwindigkeit (welche beide die Erfahrung allein ziemlich nahe hat erkennen lassen) abweichen, wird natürlich das Product die verlangte Qualität entbehren. Wenn nun die Geschwindigkeit durch unvorhergesehene Zunahme der bewegenden Kraft anwächst, so muß man den Läufer mit einem kleinern Theile seines Gewichtes reiben lassen, damit die Quantität der Wirkung, worin der eigentliche Effect besteht, dieselbe bleibe, wie zuvor.

Umgekehrt wird man bei Verminderung der Geschwindigkeit das Gewicht des Läufers mehr auf das Getreide müssen drücken lassen, um denselben Effect zu erlangen. Für diesen Zweck muß man den Läu-

ser vom Bodenstein entfernen und demselben nähern können, wo er dann natürlich leichter, oder schwerer auf das Getreide drücken wird.

In allen Getreidemühlen besteht diese Einrichtung, denn die Pfanne G der Welle oder Spindel HG ruht in einem Balken LMN, welcher sich an dem einen Ende L um einen Bolzen drehen kann, während er am andern Ende mit einem Hebel oder einer Schraube aufwärts oder niederwärts geführt wird. Diese Einrichtung dient dann hauptsächlich, die Steine in einem solchen Abstande von einander zu stellen, wie es sich nöthig macht, um eine bestimmte Sorte von Mehl zu bekommen. Sind sie aber einmal so weit von einander gestellt, so behalten sie auch diese Stellung, sie müßte denn vom Müller bei Zunahme, oder Abnahme der bewegenden Kraft verändert werden.

Da dieses jedoch nicht immer gleich bemerklich wird, und man diesen Umstand auch durch Mangel an Aufmerksamkeit vernachlässigen kann, so ist man auf den Gedanken gekommen, das konische Pendel für diesen Zweck zu benutzen, und zwar in der Art

An der Welle oder Spindel GH sitzt das konische Pendel OP, welches der Figur zur Folge aus vier Pendeln besteht, die zusammen auf die Hülse Q wirken. Diese Hülse umschließt der Arm RQ eines Hebels QRS, welcher an der andern Seite des Drehungspunktes R durch eine Stange SN mit dem Hebebalken LMN verbunden ist. Gesetzt nun, der Müller habe den Balken so weit gehoben, daß die Steine einen erforderlichen Abstand von einander haben, und daß er durch ein unter M gelegtes Klötzchen u. s. w. verhindert habe, daß der Balken auch nur ein wenig tiefer sinken könne, so wird dieser auch so lange in diesem Stande verbleiben, als die Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle

GH dieselbe bleibt; denn die Centrifugalkraft der Kugeln äquilibrirt dann vollkommen das Gewicht, womit LN belastet ist, und verhindert auf diese Weise ein ferneres Sinken des Balkens. Nimmt die Geschwindigkeit zu, so entfernen sich die Pendel von der Welle GH, drücken die Hülse Q niederwärts und heben auf diese Weise den Balken, wodurch der Läufer auch gehoben wird, und die auf das Getreide drückende Last wird verhältnißmäßig vermindert, während eine proportionale Vermehrung des Druckes, d. h. ein Herabsinken des Läufers augenblicklich eintreten wird, sobald die Geschwindigkeit wieder etwas abnimmt, weshalb die Veränderungen der Geschwindigkeit, die aus der ungleichmäßigen Wirkung der bewegenden Kraft entspringen, keinen Einfluß haben werden auf den Effect, da die Vermehrungen, oder Verminderungen des Druckes auf das Getreide den Veränderungen der Mahlgeschwindigkeit proportional sind, und folglich die Quantitäten der Bewegung ziemlich sich gleich bleiben werden.

Die Fig. 168 No. 3 bis 8 stellen verschiedene Formen konischer Pendel dar. In No. 3 ist angegeben, wie die Bewegung der Welle A mittelst der Leitrolle B fortgepflanzt wird auf die Spindel CD des Pendels. No. 1 bis 3 differiren nur hinsichtlich der Form und der Stellung der Stangen, während die Kugeln auf die Hülse G mit Hebeln der ersten Art wirken. Dieses ist auch der Fall in No. 5, jedoch ist hier die Hülse unten an der Spindel angebracht, und jedes Pendel hat, wie in No. 4, einen besondern Drehungspunkt in einigem Abstande von der Spindel, was wegen der Stellung der geknieten Stangen ce und de nothwendig so eingerichtet werden mußte. In No. 6 wirkt ein einzelnes Pendel auf die Hülse G, wie ein gebogener Hebel der ersten Art. No. 7 und 8 stellen zwei sehr

gebräuchliche Einrichtungen konischer Pendel dar, welche auf die Hülsen wie Hebel der zweiten Art wirken.

Durch eine aufmerksame Betrachtung dieser Figuren wird man die Eigenthümlichkeiten der Einrichtung, welche sie darstellen, sehr leicht bemerken, und es soll in der Kürze sogleich noch angegeben werden, in welchen Hinsichten das eine Pendel dem vorliegenden Zwecke besser entspricht, als das andere, das in seiner Zusammensetzung von ersterem differirt.

Wenn die Spindel GE Fig. 168 No. 1 in Ruhe ist, so werden die Kugeln an derselben anliegen; gewöhnlich erhält man dieselben in einigem Abstande von der Spindel, damit die verschiedenen Gelenke, wie auch die Hülse G nicht weiter in Bewegung gesetzt werden, als nothwendig ist, um sich nicht zu sehr abzunutzen, oder außer Verband zu gerathen u. s. w. Für diesen Zweck wird mit der Spindel EFG eine mit Gabeln versehene Stange hik No. 1 und 2 verbunden, damit in den Gabeln derselben die Kugeln ruhen, wenn die Maschine nicht in Bewegung ist.

In den übrigen Figuren sind dergleichen Gabeln noch auf andere Art dargestellt. Manchmal ist sogar eine zweite Gabel omnp Fig. 168 No. 3 vorhanden, deren Enden o und p zwei Haken haben, um zu verhindern, daß die Pendel sich nicht weiter, als bis an diese Haken von der Spindel CD entfernen.

Bei Anwendung des konischen Pendels muß man natürlich wissen: welche Länge die Pendelstangen haben müssen für eine gegebene Anzahl Umdrehungen der Spindel in der Minute; — welchen Abstand die Mittelpunkte der Kugeln von der Spindel haben müssen, wenn sie eine bestimmte An-

zahl Umläufe in der Minute machen sollen; — welche Extension ihrer Bewegung zwischen der größten und der kleinsten Umdrehungsgeschwindigkeit stattfinden müsse; — endlich wie schwer die Kugeln der Wirkung entsprechend, die sie leisten sollen, genommen werden müssen, und wie man nach dem einen und dem andern Umstande die Dimensionen der verschiedenen Stangen und Hebel bestimmen soll? Dieses alles wird man in Folgendem entwickelt finden.

Betrachtung des konischen Pendels.

a) Wenn eine der Kugeln B Fig. 170, welche mit der Stange AB verbunden ist, um die Welle AC im Kreisumfange BEDF umschwingt, so wird sie von zwei Kräften afficirt: zuerst wird sie nämlich in Folge ihrer Schwere (diejenige der Stange BA einmal nicht mitgerechnet) unaufhörlich niederzusinken streben. Diese Schwere ist alsdann eine Kraft, welche so betrachtet werden kann, als wirke sie in der vertikalen Richtung Bb; ihr Kraftvermögen wird dargestellt durch den Effect, den sie in 1″ gewährt, d. h. durch die Geschwindigkeit, welche sie einem im luftleeren Raume fallenden Körper am Ende einer Sekunde mittheilt. Diese Geschwindigkeit ist = g = 9,81216 Ellen (siehe Theil 1. Abth. 1). Die andere Kraft ist diejenige, welche die Kugel von der vertikalen Welle AC entfernt hält, oder die Centrifugalkraft, welche in der Ebene des Kreises BEDF in der entgegengesetzten Richtung Ba des Halbmessers BC wirksam ist. Wenn s die Geschwindigkeit bezeichnet, mit welcher die Kugel im Kreisumfange BEDF bewegt wird, so muß das Ver-

mögen dieser Centrifugalkraft ausgedrückt werden durch

$\frac{s^2}{BC}$ (siehe Theil I. Abth. I. Art. 39).

Um die Umdrehungsgeschwindigkeit s näher zu bestimmen, nehme man an, daß die Welle AC in 1 Minute n Umgänge mache, so wird jeder Umgang eine Zeit von $\frac{60}{n}$ Sekunden in Anspruch nehmen. In dieser Zeit beschreibt die Kugel B einen ganzen Kreisumfang und durchläuft deshalb einen Raum von

$$2 \cdot BC \times 3{,}1416 = 6{,}2832 \cdot BC;$$

folglich wird sie in 1 Sekunde einen Raum durchlaufen, welcher ausgedrückt werden kann durch

$$6{,}2832 \cdot BC : \frac{60}{n} = 6{,}2832 \cdot nBC : 60 = 0{,}1047 \cdot nBC,$$

und dieses ist der Werth der Geschwindigkeit s; weshalb der bestimmtere Werth der Centrifugalkraft seyn muß

$$Ba = \frac{s^2}{BC} = \frac{(0{,}1047 \cdot n)^2 \cdot BC^2}{BC} = (0{,}1047 \cdot n)^2\ BC.$$

Wenn die Kugel beständig in dem Umfange BD umschwingt, ohne daß sich die Umdrehungsgeschwindigkeit verändert, so wird weder die Kraft Ba, noch die Kraft Bb eine Verrückung der Kugel in der Richtung Ba oder Bb verursachen; setzt man deshalb diese beiden Kräfte zu einer einzigen Kraft Bc zusammen (Theil I. Abth. I. Art. 8), so muß diese wirken in der Richtung der Stange BA, denn wirkte sie außer dieser Richtung, z. B. in Bc′, so würde kein Gleichgewicht bestehen, sondern die

Stange würde von der Spindel AC entfernt werden. In dem Stande des Gleichgewichtes zwischen aB und Bb sind die rechtwinkligen Dreiecke Bcb und BCA einander ähnlich, und man hat deshalb

$bc : Bb = BC : AC,$

aber bc stellt die Centrifugalkraft dar, weil bc = Ba ist, und Bb der Schwerkraft proportional ist; wenn man folglich für bc und Bb ihre oben gefundenen Werthe setzt, so wird

$(0{,}1047\,n)^2 \cdot BC : 9{,}81216 = BC : AC$

seyn, woraus sich ergiebt, daß

$(0{,}1047\,n)^2 \cdot BC \cdot AC = 9{,}81216 \cdot BC;$

dividirt man nun mit BC und mit $(0{,}1047\,n)^2$ so erhält man

$$AC = \frac{9{,}81216}{(0{,}1047\,n)^2} = \frac{9{,}81216}{0{,}0106 \cdot n^2} = 895{,}27 \cdot \frac{1}{n^2}.$$

Aus diesem für AC erlangten Werthe, welcher nicht im Geringsten von BC abhängt, ergiebt sich nun, daß, wenn für n Umdrehungen der Spindel AC in der Minute die Kugel B (oder die Kugeln, wenn mehr, als eine vorhanden ist) beständig in demselben Kreis umschwingt, in welchem ihre Schwere der Centrifugalkraft das Gleichgewicht hält, sie von der Spindel AC eine solche Entfernung haben müsse, daß, wenn BC senkrecht auf AC gezogen wird, die Linie AC eine Länge bekommen müsse

$$= 895{,}27 \cdot \frac{1}{n^2}.$$

Wenn man deshalb AC berechnet, nachdem n gegeben ist, so wird die Stange AB immer länger genommen werden müssen, als AC. Gewöhnlich nimmt man AC so lang, daß, wenn die Spindel

in Ruhe ist und die Kugel in ihrer Gabel ruht, der Winkel BAC ungefähr 30° beträgt; man ist jedoch hieran nicht gebunden. Wäre AB kürzer, als AC, dann würden die Kugeln sich nicht von der Spindel AC oder aus ihren Gabeln entfernen, bevor die Zahl der Umläufe verhältnißmäßig größer geworden wäre, als n. Die folgende kleine Tabelle berechnet mittelst der Formel $AC = 895{,}27 \cdot \frac{1}{n^2}$ giebt die Längen von AC für verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeiten; in demselben ist n nicht kleiner, als 25 genommen, weil die Länge der Pendel sonst zu groß werden würde, und dieses ist um so unnöthiger, da man es immer in der Gewalt hat, durch Räderwerk, oder Scheiben mit Schnuren die Anzahl der Umdrehungen der Spindel AC größer zu nehmen.

Zahl der Umdrehungen der Spindel AC in der Minute.	Länge von AC oder vertikale Länge des Pendels.
	Niederl. Ellen.
25	1,432
26	1,325
27	1,228
28	1,142
29	1,064
30	0,994 *)
32	0,874
34	0,774
36	0,691
38	0,620
40	0,560

*) Dieses ist gerade die Länge des einfachen Pendels, welches eine Schwingung in 1 Sekunde, und deshalb 60

In obiger Berechnung ist vorausgesetzt, daß die Schwerkraft Bb gerade im Mittelpunkte der Kugeln wirke, aber wenn man die Schwere der Stange AB auch mit in Anschlag bringt, so liegt der Schwerpunkt des Pendels keinesweges in der Mitte der Kugel; jedoch kann man die mitgetheilten Resultate in der Praxis mit Sicherheit anwenden, da sie nicht viel von der Wahrheit abweichen, und die Berechnungen äußerst schwierig werden würden, wenn man alles, wie z. B. auch die Reibung der Stange AB in ihren Gelenken mit rechnen wollte.

b) Aus der Art der Arbeit, welche die Maschine zu verrichten hat, muß man ausmitteln, wie viel mehr, oder weniger Umgänge, als n die Welle oder Spindel AC in der Minute machen darf, ohne daß der Effect der Maschine unvollkommen oder nachtheilig werde. Innerhalb dieser Grenzen müssen dann die Schwingungen stattfinden, ohne daß durch die Combination von Hebeln, die durch die Hülse G Fig. 168 in Bewegung gesetzt werden, die bewegende Kraft in ihrer größten und kleinsten Leistung gehemmt werde.

Angenommen z. B. die mittlere Anzahl Umgänge für eine regelmäßige Bewegung sey in der Minute = 30 und diese Zahl dürfe nicht unter 27

Schwingungen in der Minute vollbringt; hieraus kann man ableiten, was sich durch mathematische Betrachtung ergeben hat, daß die Kugeln gerade eine Umdrehung in derselben Zeit vollenden, in welcher ein gewöhnliches Pendel, welches die Länge AC hat, eine doppelte Schwingung (d. h. hin und her) vollbringt. Wenn nun auch AB nur länger ist, als AC, so wird die Kugel sich immer in der Art von AC entfernen, daß sie in der horizontalen Ebene liegt, welche durch C und senkrecht durch AC läuft, und dieses ist selbst dann der Fall, wenn AB eine noch größere Länge, z. B. diejenige von AG besäße.

und nicht über 34 betragen, so schließe man folgendermaßen: für 27 Umgänge muß AB so lang seyn, daß AC Fig. 171 die Länge hat von 1,228 Ellen, und für 34 Umgänge muß AC'' die Länge haben von 0,774 Ellen (siehe obige Tabelle); folglich wird das Pendel zwischen den Grenzen AB' und AB'' schwingen und sich von der Welle AC entfernen müssen. AB' wird dann der nächste Stand des Pendels an der Welle oder Spindel AC seyn; deshalb kann man, wenn der Winkel CAB' z. B. = 30° genommen wird, mit einem Maaßstabe die Länge von AB' bestimmen (denn vom rechtwinkligen Dreieck AB'C' ist bekannt der Winkel A = $\frac{1}{3}$ von 90°; AC' = 1,228); B'C' wird dann auch bekannt seyn, und die Stange mit Gabeln wird dann eine Länge B'C' auf jeder Seite der Spindel AC haben müssen, damit die Kugeln in ihrem tiefsten Stande in den Gabeln ruhen.

Will man das Pendel auch daran hindern, weiter zu gehen, als AB', so muß man eine zweite Stange mit Haken, wie in Fig. 168 No. 3 oder mit Augen, in welchen die Pendelstangen AB sich frei bewegen können, mit der Spindel AC verbinden, und diese Haken oder Augen, der Höhe entsprechend, in welcher diese zweite Stange angebracht werden soll, so weit ausdehnen, daß sie die Pendelstangen in der bestimmten Entfernung von AC erhalten. Dieses alles läßt sich recht gut durch Zeichnung bestimmen. Hierbei ist indessen noch zu bemerken, daß, wenn die Pendel angeschlossen sind, wie in Fig. 168 No. 4 und 5, die Entfernungen AC nicht gerechnet werden dürfen von der Spindel, sondern von den Vertikallinien fp, welche aus den Drehungspunkten gezogen sind.

c) Wenn man sich entschieden hat über die besondere Zusammensetzung des konischen Pendels (und

hierfür sollen sogleich einige Vorschriften gegeben werden), so ist nichts leichter, als die Extension der Bewegung der Hülse G Fig. 168 zu bestimmen. Gesetzt z. B. man will ein Pendel anwenden von der Gestalt, welche Fig. 168 Nr. 7 angegeben ist, so zeichnet man, nachdem die Grenzen bestimmt worden sind, innerhalb welcher sich das Pendel von der Spindel entfernen und derselben nähern darf, mit Hülfe eines Maaßstabes, das Pendel in seinen beiden äußersten Ständen aufs Papier; man zeichne auch in beiden Ständen die geknieten Stangen ce und de, so wird natürlich die Entfernung zwischen den oberen Enden e e der Hülse in beiden Ständen, nämlich der Abstand mn, die Extension der Bewegung der Hülse seyn. Nachdem diese Extension bestimmt ist und man zugleich auch die Extension der Bewegung desjenigen Theiles kennt, durch welchen die Wirkungen von Kraft oder Last gemäßigt werden sollen, so ist nichts leichter, als in Gemäßheit der örtlichen Umstände u. s. w. die Dimensionen der Hebel der Räder u. s. w. zu bestimmen, durch deren Vermittelung der eben genannte Theil die ganze Extension seiner Bewegung vollenden soll, während die Hülse längs der Spindel von m nach n geführt wird.

d) Die Schwere der Kugeln vermehrt einigermaßen die Kraft, mit welcher sie von der Spindel sich zu entfernen streben, weil die Quantität der Bewegung während des Umdrehens mit der Masse der Kugeln zunimmt. Das Pendel wird deshalb durch die Schwere der Kugeln empfindlicher, d. h. es wird um so eher kleine Veränderungen der Geschwindigkeit der Spindel anzeigen. Da die Schwere der Kugeln in der Richtung Bb Fig. 170 wirkt und auf diese Weise der Centrifugalkraft widerstrebt, so dient sie auch dazu, die Bewegung des Pendels

zu mäßigen und demselben eine gewisse Festigkeit des Standes zu geben. Aber sie dient auch ganz besonders dazu, um beim Herabsinken des Pendels, wenn die Bewegung abnimmt, die Hülse längs der Spindel verschieben zu können. Diese Hülse wird nicht ohne Widerstand bewegt, denn sie muß die verschiedenen Hebel und Stangen heben oder umdrehen und manchmal einen beträchtlichen Theil der Last bewegen.

Es ist nicht schwierig, approximativ zu bestimmen, mit welcher Kraft die Hülse gezogen werden müsse, um die sämmtlichen, mit ihr verbundenen Hebel sammt den stattfindenden Widerständen, die überwunden werden müssen, zu bewegen. Diese Kraft muß man hernach in der Richtung der geknieten Stange e c Fig. 168 Nr. 7 zerlegen; von da wieder senkrecht auf die Richtung der Pendelstange; dieselbe alsdann von dem Punkte c bis zum Punkte a reduciren und endlich aus dem alsdann erlangten Druckvermögen a g dasjenige der Schwere in der Richtung der Vertikallinie a h bestimmen. Für diese Bestimmung muß man denjenigen Stand des Pendels wählen, in welchem die Kugeln mit der geringsten Kraft auf die Hülse G wirksam waren, und man wird dann approximativ das Gewicht erfahren, welches für den verlangten Effect erheischt wird. Dieses Gewicht wird unter zwei oder mehr Kugeln vertheilt, je nachdem dasselbe groß ist, indem man jede Kugel nicht viel über 13 bis 14 Pfund schwer nimmt, oder auch leichter noch, wenn z. B. das ganze Gewicht nur 20 bis 30 Pfund beträgt; denn es ist immer rathsam, dasselbe unter zwei Kugeln zu vertheilen, da die Wirkung einer einzigen Kugel auf die Verschiebung der Hülse für die Dauer selten richtig und genau seyn kann.

Aber das Gewicht der Kugeln wird durch eine geometrische Construction selten auf eine genügende Weise gefunden werden können. Deshalb thut man immer wohl, beim ersten Gebrauch eines konischen Pendels dieses Gewicht durch Versuche zu bestimmen. Man befestigt nämlich an den Stangen gleich schwere Stücken Blei, Eisen u. s. w. bis daß man ein Gewicht erlangt hat, durch welches der Effect nach Wunsch stattfindet; alsdann kann man Kugeln gießen lassen, welche die gefundene Schwere haben.

Statt den Kugeln eine vollkommen runde Gestalt zu geben, wird es besser seyn, dieselben linsenförmig zu machen, gleich den Linsen der Pendel an den Uhren; denn bei einer geschwinden Umdrehung der Spindel kann der Widerstand der Luft auf die Kugeln beträchtlich werden.

e) Hinsichtlich der Form des Pendels richtet sich die Wahl hauptsächlich nach der Extension, in welcher voraus bestimmter Maaßen die Bewegung der Hülse stattfinden soll. Das Pendel Fig. 168 Nr. 1 giebt z. B. für die größte Entfernung der Kugeln eine sehr ausgebreitete Bewegung der Hülse, jedoch ist dagegen die Druckkraft der Kugeln zur Verschiebung der Hülse gering; eben so auch diejenige von Fig. 168 Nr. 3 und 4; in diesen sind jedoch die geknieten Stangen mit einem schärfern Winkel an die Hülse geschlossen, als in Nr. 1, weshalb denn auch die Hülse weit leichter und mit weniger Torsion der Gelenke bewegt wird. Dies ist noch der Fall in Nr. 5, obschon auch die Extension der Bewegung der Hülse bei dieser Einrichtung sehr klein ist. Giebt man dem Pendel die in Nr. 5* angedeutete Einrichtung, so kann die Hülse leichter und in größerer Extension bewegt werden. Bei den Einrichtungen Nr. 7 und 8 ist die Extension der Bewegung der Hülse größer oder geringer, je nach-

dem die Verbindungen c und d vom Drehungs-punkte F entfernter oder näher gebracht sind, und je nachdem die geknieten Stangen ce und de mit einem stumpfern oder schärfern Winkel gegen die Spindel gerichtet sind. In jedem Falle muß jedoch einer großen oder kleinen, einer schweren oder leichten Bewegung der Hülse gegenüberstehen, daß die Kugeln mit weniger oder mit mehr Kraft wirken und mit der Hülse zugleich einige Last verschieben können. In vielen Fällen wird die Zusammensetzung Nr. 7 einfacher seyn, als jede andere, und auch die Gewinde werden sich weniger abnutzen.

Die Erfindung der konischen Pendel ist sehr sinnreich, jedoch können sie die Bewegung nie vollkommen regelmäßig machen. Man sieht z. B. selten, daß die Kugeln auf denselben Abstand von einander entfernt bleiben, sobald die Umdrehungsgeschwindigkeit sich nur ein wenig verändert; die Ursache hiervon liegt in der Wirkung der Centrifugalkraft, wegen welcher und wegen der Trägheit die Kugeln sich bei einiger Veränderung der Geschwindigkeit sogleich weiter von einander entfernen, als für die Regulirung der Bewegung erforderlich ist; und es ist dieses Uebermaaß der Entfernung um so größer, je weiter die Kugeln von der Spindel bewegt werden. Dieses bewirkt deshalb, daß die Kugeln unaufhörlich von der Welle abwärts und gegen dieselbe hin schwanken, und daß die Bewegung der Maschine demnach keinesweges anhaltend regelmäßig seyn könne.

III. Windflügel sind drei oder mehr Fittige, breite Speichen oder Arme Fig. 172, welche mit einander verbunden sind und sich zusammen um eine Spindel drehen können; sie werden auch benutzt, um die Beschleunigung der Bewegung einer Maschine zu verhindern, wenn entweder die bewe-

gende Kraft stets eine beschleunigte Bewegung mittheilt (wie es bei fallenden Körpern der Fall ist), oder wenn die Last plötzlich vermindert wird. Alsdann hindert der Windflügel diese Beschleunigung einigermaßen durch seine Trägheit und durch den großen und mit der Geschwindigkeit sehr zunehmenden Widerstand, den die Luft darbietet. Von größerm Effect sind jedoch die

IV. Windfänge. Sie bestehen aus einem Rade Fig. 173 Nr. 1, an dessen Umfang vier oder mehr ebene Breter A, B, C u. s. w. befestigt sind, welche rechtwinklig auf die Ebene des Rades gerichtet sind und dadurch, daß sie mit der breiten Seite gegen die Luft bewegt werden, von derselben einen großen Widerstand erfahren, den man größer und kleiner machen kann, indem man die genannten Breter sich um eine Spindel ab drehen läßt, so daß sie mit einem größern oder kleinern Winkel gegen die Atmosphäre, in welcher sie sich bewegen, gerichtet werden können.

Wenn man die Breter an die Enden der Speichen eines Rades ohne Felgen Fig. 173 Nr. 2 setzt, so bekommt man denselben Effect.

Der größte Widerstand findet statt, wenn die Breter mit dem Umfange des Rades einen rechten Winkel bilden, d. h. wenn die Kanten cd, ef ihrer Fläche in der Richtung der Speichen oder Radien des Rades angebracht sind. Sie erfahren größern Widerstand als die Windflügel:

1) weil sie vom Mittelpunkte der Bewegung entfernter sind, indem die Seiten des Windflügels sich ganz bis an diesen Mittelpunkt erstrecken;

2) weil sie, bei wenig Vermehrung der Schwere des Apparates, der Luft eine größere Oberfläche darbieten; und

3) weil man die Breter auf jede Seite der Felgen des Rades bringen kann, so daß die vorhergehenden Breter die Luft nicht wegschöpfen oder fortstoßen, welche auf die folgenden Breter wirken soll.

Die Luftfächer werden manchmal gebraucht, um die Beschleunigung einer Maschine zu verhüten, welche durch herabsteigende Gewichte in Bewegung gesetzt wird. Windflügel hat man angewendet, um damit den Stoß zu vermindern, welcher bei einer plötzlichen Abnahme der Last auf die bewegende Kraft sehr nachtheilig wirken kann, wie dieses z. B. der Fall ist in den Rammmaschinen, welche durch Pferde in Bewegung gesetzt werden, wenn der gehobene Rammklotz losgelassen wird und auf diese Weise die Last abnimmt; man vernichtet diese Verminderung der Last zwar auf die Weise, daß man gleich darauf ein Gegengewicht durch die Pferde heben läßt; aber ohne einen Windflügel würden sie einen empfindlichen Stoß erfahren in dem Augenblicke, wo die eigentliche Last mit dem Gegengewichte vertauscht wird. Windflügel und Windfänge sind sehr mangelhafte Mittel, die so wenig wie möglich angewendet werden müssen, weil ihr Dienst durch den großen Widerstand der Luft, der überwunden werden muß, ganz auf Kosten der bewegenden Kraft geleistet wird.

V. Bremsen, über welche im vorigen §. gehandelt worden ist, können häufig mit Nutzen angewendet werden, um die Bewegung in Maschinen zu mäßigen, indem man dieselben mehr oder weniger und unmerklich stärker oder schwächer auf ihre Scheiben drücken läßt, wozu die Ausladekrahne einen treffenden Beleg geben, wenn eine gehobene Last sanft niedergelassen werden soll. Sie können auch dazu dienen, um ein zu großes Vermögen der bewegenden Kraft in Maschinen im Zaume zu halten; jedoch um den Widerstand mit der Veränderung der be-

wegenden Kraft immer verhältnißmäßig zu verändern, müssen sie durch eine mechanische Combination, wie z. B. durch ein konisches Pendel in Thätigkeit gesetzt werden. Man kann alsdann mit denselben den verlangten Zweck nur auf eine mangelhafte Weise erreichen, weil eine Bremse, während sie eine Scheibe klemmt, unbeweglich in demselben Stande (oder in derselben Entfernung von dem Umfange dieser Scheibe) erhalten werden muß; sie muß deshalb unverrückbar befestigt werden, und dieses kann man durch eine mechanische Einrichtung, durch welche die Bremse zugleich bewegt werden soll, nicht leicht erreichen.

VI. Wenn die bewegende Kraft nicht regelmäßig wirkt und ihre Zunahme und Abnahme an Kraftvermögen auch nicht sehr beträchtlich ist, so kann man den regelmäßigen Gang der Maschine häufig herstellen durch Anwendung eines Schwungrades, dessen Einrichtung und Zweck jetzt angegeben werden soll.

20) B. Die Mittel, welche angewendet werden, um die Unregelmäßigkeiten der kreisförmigen Bewegungen zu beseitigen, wenn sie aus der Art der Zusammensetzung oder der Wirkung der Theile einer Maschine entstehen, sind entweder Gegengewichte oder Schwungräder.

I. Gesetzt, eine Maschine sey so eingerichtet, daß eine gewisse Welle oder gewisse Wellen, welche regelmäßig bewegt werden müssen, den einen Theil oder einige Theile ihrer Umdrehung geschwinder vollenden, als den andern oder die andern Theile, so kann man, weil dieses bei jeder Umdrehung auf dieselbe Weise geschehen wird, diese Unregelmäßigkeit dadurch einigermaßen beseitigen, daß man mit der genannten Welle oder mit einigen andern eine Speiche in Verbindung bringt, die an ihrem Ende mit einem Gewichte belastet ist, so daß dieses Gewicht,

welches in derselben Bewegung zu beharren strebt, welche es bekommt, während die Welle sich mit ihrer größten Geschwindigkeit dreht, derselben auch beinahe dieselbe Geschwindigkeit mittheilen wird, wenn sie sich träger bewegen sollte. Dieses Gewicht ersetzt deshalb die schwächere Kraftausübung der wirkenden Kraft einer Seits, und anderer Seits vermindert es den Effect der Kraft, weil es da von der Kraft gehoben werden muß und also einen Theil derselben vernichtet.

Obschon die Bewegung auf diese Weise regelmäßiger gemacht werden kann, so bleibt sie jedoch mangelhaft, weil immer an der einen Seite der oben genannten Welle ein Uebergewicht der Schwere besteht, durch welches ein zu großer Theil der Bewegkraft verloren geht. Es ist nun immer besser, ein solches Gegengewicht durch ein Schwungrad zu ersetzen, welches denselben Dienst leistet, nur auf eine vollkommnere, kräftigere und weniger belästigende Weise.

II. Ein Schwungrad ist ein einfaches Rad ABC Fig. 174, welches einen sehr schweren Kranz ABC hat, der im Durchschnitte viereckig oder rund ist. Er besteht aus einer schweren Substanz, z. B. aus Gußeisen, aus welchem gewöhnlich das ganze Rad verfertigt ist. Der Durchmesser eines solchen Schwungrades ist durchgängig sehr groß, im Verhältnisse zum Durchmesser der Welle, auf welcher das Schwungrad sitzt, und der Kranz oder die Felgen haben eine größere Dicke, als die Speichen oder Arme. Der Umfang, der Kranz oder die Felgen sind also der schwerste Theil des Rades, was auch für diesen Zweck erforderlich ist.

Wenn ein Schwungrad zugleich mit der Welle, an welcher dasselbe sitzt, durch eine Kraft umgedreht wird, so bekommt es dadurch eine mächtige Bewe-

gung, in welcher es, der Trägheit des Stoffes halber, zu beharren strebt. Dieses Streben muß hier kräftig seyn, weil vorausgesetzt wird, daß das Rad eine große Schwere, oder auch wohl eine große Masse besitzt, und weil der größte Theil dieser Schwere auf den Umfang ABC vertheilt ist, und also in der größten Entfernung vom Mittelpunkte M wirkt.

Nach dem, was im I. Theile dieses Werkes Art. 54 bis 58 über das Kraftvermögen der Trägheit abgehandelt worden ist, ist eine größere Kraft erforderlich, um die Bewegung des Schwungrades zu hemmen, weil dessen größte Schwere auf den Umfang vertheilt ist, als wenn die Schwere näher am Mittelpunkte M am größten und dagegen am Umfange am kleinsten wäre. Folglich wird das Schwungrad bei der oben erwähnten Einrichtung das größte Streben besitzen, in Bewegung zu bleiben; hört dann die Bewegkraft auf, so wird das Rad noch einige Zeit in Bewegung bleiben und die Last, die erst durch die Kraft mit in Bewegung gebracht worden war, so lange fortbewegen, bis die Geschwindigkeit durch die Gegenwirkung der Last, durch die Reibung u. s. w. ganz erloschen ist, was jedoch nicht auf einmal, sondern in unmerklich abnehmenden Graden geschieht.

Ein Schwungrad kann deshalb sehr zweckmäßig benutzt werden, um die kreisförmige Bewegung der Wellen in Maschinen zu unterhalten, wenn die Kraft während jeder Umdrehung nicht immer mit demselben Momente Druck und Bewegung mittheilen kann, mag nun dieses aus der unregelmäßigen Wirkung der Kraft selbst, oder lieber aus der Wirkung der mechanischen Theile herrühren, welche das Moment der Kraft fortpflanzen.

Das Schwungrad kann sogar benutzt werden, um die Bewegung zu unterhalten, wenn die Kraft nur während eines bestimmten Theiles jeder Umdrehung der Welle wirksam seyn konnte, wie es z. B. der Fall ist, wenn die Umdrehung durch eine Kurbel geschieht, welche durch eine Stange von oben nach unten gezogen wird, ohne daß die Kraft, welche die Stange zieht, dieselbe wieder aufwärts treibt, wenn die Kurbel in dem zweiten halben Umfange der Bewegung wieder nach oben gehen soll. Der Durchmesser und die Schwere eines Schwungrades können in der Art regulirt oder bestimmt werden, daß dasselbe, nachdem es einmal durch die Kraft in Bewegung gesetzt ist, die Bewegung mit derselben Geschwindigkeit unterhält, wenn die Kraft einige Augenblicke zu wirken aufhört, oder mit weniger Moment wirksam ist. Ein Schwungrad kann auch für eine kurze Vermehrung des Momentes keine größere Geschwindigkeit annehmen, als zuvor, weil, so wie dasselbe durch die Trägheit nicht plötzlich in seinem Umschwunge gehindert werden kann, ohne eine ansehnliche Kraft, auch die Bewegung durch dieselbe Trägheit nicht auf einmal verzögert werden kann, es müßte denn die Kraft beträchtlich zunehmen.

Die Schwungräder dienen nun

1) Um die Bewegung von Wellen mit derselben Geschwindigkeit zu unterhalten, oder die Veränderungen in dieser Geschwindigkeit zu verhüten, wenn die Kraft während eines Zeittheiles einer Umdrehung zu wirken aufhörte, oder an Moment abnähme.

2) Um zugleich die Bewegung regelmäßiger zu machen, wenn die Kraft nicht immer mit demselben Momente wirkt, sondern bald ein Mal größer, bald ein Mal kleiner wird, sobald nur diese Veränderungen von größer zu kleiner und umgekehrt nicht sehr be-

trächtlich sind, oder zum wenigsten regelmäßig und schnell abwechseln.

Statt eines Schwungrades pflegt man auch wohl zwei oder mehr Speichen an ihren Enden mit schweren eisernen Kugeln zu versehen (Fig. 175 Nr. 1, 2 und 3), welche Kugeln alsdann, um mit weniger Widerstand die Luft zu durchschneiden, linsenförmig gemacht werden. Solche Kugeln oder Linsen werden, wenn sie mit den Speichen um eine Welle herum vertheilt sind, denselben Dienst leisten, wie der schwere Kranz eines Schwungrades, doch sind sie deshalb häufig weniger gut, weil sie niemals ganz aus dem Widerstande der Luft gebracht werden können, was bei dem Kranze des Schwungrades allerdings der Fall ist, da dieser geschlossene Umfang so zu sagen beständig in einem Zuge bewegt wird, in welchem keine Luft vorhanden seyn kann; die Seiten des Umfanges reiben sich blos an den angrenzenden Lufttheilen, aber dieser an sich selbst geringe Widerstand besteht immer in jedem Falle.

Wenn ein Schwungrad in einer Maschine nöthig ist, so kommt es natürlich darauf an, zu wissen, wie groß dasselbe seyn müsse, und wie schwer der Umfang desselben gemacht werden müsse, um die Bewegung für einen bestimmten Theil der Umdrehung oder während einer bestimmten Zahl von Umdrehungen zu unterhalten, wenn die Kraft während dieser Zeit aufhört, oder an Wirkung abnimmt. Die folgende Berechnung soll hierzu die Regeln an die Hand geben.

Die ganze Schwere des Schwungrades kommt hinzu, um letzteres in der Bewegung zu erhalten, in welche es durch die bewegende Kraft gesetzt worden ist; es ist also nicht allein die Schwere des Umfanges, sondern auch diejenige der Nabe und der Speichen, welche zum verlangten Effect mit beitragen;

aber die Schwere des Umfanges, welche am entferntesten vom Mittelpunkte der Bewegung wirkt, muß natürlich den größten Theil des Effectes geben, weshalb wir, um die Berechnung nicht unnöthig zu verwickeln, die Schwere des Umfanges allein in Betrachtung ziehen wollen. Das Resultat kann hierdurch nur an Zuverlässigkeit gewinnen, weil, wenn die Schwere des Umfanges allein im Stande ist, das Verlangte hervorzubringen, dieses um desto sicherer stattfinden wird, wenn die Schwere der Nabe und der Speichen zur Hervorbringung des genannten Effectes beitragen.

Um das vorgesteckte Ziel zu erreichen, soll hier untersucht werden, was ein Schwungrad von gegebenen Dimensionen, welches durch eine bestimmte Kraft bewegt wird, ausrichten kann, um eine bestimmte Last regelmäßig während einiger Zeit in Bewegung zu erhalten, wo die Kraft zu wirken aufhört, oder das Moment derselben abnimmt.

Es sey der äußere Halbmesser MC Fig. 174 des Schwungrades = a Palmen; die Dicke des Kranzes ABC d. h. die Linie DC = b Palmen; wenn der Kranz im Durchschnitte rund ist, so wird b den Durchmesser des ringförmigen Umfanges darstellen. Man setze das Gewicht des ganzen Umfanges = G, so wird die Masse oder die Quantität des Stoffes des ganzen Umfanges ausgedrückt werden können durch

$\frac{G}{g}$, indem g = 9,81216 Ellen ist

(siehe Theil I. Abth. I. Art. 41 und 37); obschon diese Masse auf den ganzen Umfang vertheilt ist, so läßt sich doch annehmen, daß dieselbe in einem einzigen Punkte, nämlich in der halben Dicke des Kranzes im Punkte a liege (wenigstens wollen wir dieses

für den gegenwärtigen Zweck annehmen); die Entfernung M a der Masse $\frac{G}{g}$ vom Mittelpunkte M ist also

$$= MC - Ca = a - \tfrac{1}{2}b;$$

wir setzen nun diese Entfernung der Kürze halber = d.

Wenn sich das Schwungrad einmal umdreht, so beschreibt die Masse einen Weg, welcher gleich ist dem Kreisumfang M a, d. h.

$$= 3{,}1416 \cdot 2d = 6{,}2832 \cdot d.$$

Man nehme an, daß die Kraft, welche einem Hebelarme h die umdrehende Geschwindigkeit mittheilt, in 60 Sekunden den Umfang 6,2832 h n mal beschreibt, oder in 60 Sekunden einen Weg von 6,2832 · h n Palmen zurücklegt, so durchläuft sie in 1 Sekunde den sechszigsten Theil = 0,10472 h n Palmen. Der Raum, welchen die Masse $\frac{G}{g}$ in derselben Zeit durchläuft, wird natürlich um so viel größer oder kleiner seyn, als der Radius d größer oder kleiner ist, als h; aus welchem Verhältnisse folgen muß, daß die Geschwindigkeit der Masse $\frac{G}{g}$ d. h. der Raum, den sie in 1 Sekunde durchläuft, ausgedrückt wird durch:

$$0{,}10472\,n\,d;$$

die lebende Kraft, welche in der Masse des Umfanges des Schwungrades, also in 1 Sekunde angehäuft wird, wird seyn (siehe Theil I. Abth. I. Art. 44)

$$= \frac{G}{g} \cdot (0{,}10472\,n\,d)^2 = 0{,}01097 \cdot n^2 d^2 \frac{G}{g};$$

und da in der citirten Stelle bewiesen ist, daß die Hälfte des Werthes einer lebenden Kraft gleich ist der Quantität der Wirkung, so wird die Masse des Schwungrades oder lieber dessen Gewicht in einer Sekunde eine Quantität der Wirkung erlangt haben

$$= 0{,}005488\,n^2 d^2 \frac{G}{g}.$$

Die Umdrehung des Schwungrades erfolgt einmal in $\frac{60}{n}$ Sekunden; folglich wird die Quantität der Wirkung in der Zeit von einer Umdrehung werden

$$= 0{,}005488\,n^2 d^2 \cdot \frac{G}{g} \times \frac{60}{n} =$$

$$= 0{,}3293\,n \cdot d^2 \cdot \frac{G}{g}.$$

Setzt man den Druck der Kraft $= K$, so wird dann die Kraft, welche den Umfang 6,2832 h einmal durchläuft, eine Quantität der Wirkung erzeugt oder mitgetheilt haben, welche ist

$$= 6{,}2832 \cdot h \cdot K.$$

Wenn nun das Schwungrad am Umfange so schwer genommen wird, daß es bei einem Umlaufe m mal die Quantität der Wirkung der Kraft bekommt, oder während m Umgängen die einfache Quantität der Wirkung der Kraft mittheilen kann, so muß dessen oben gefundene Quantität der Wirkung gleich seyn m mal der Quantität der Wirkung der Kraft, d. i.

$$0{,}3293\,n \cdot d^2 \cdot \frac{G}{g} = 6{,}2832\,h \cdot K \cdot m.$$

g ist = 9,81216 Ellen oder weil hier das Maaß in Palmen gegeben ist, = 98,1216 Palmen; wenn

man nun die oben stehende Gleichung mit 98,1216 multiplicirt und durch 0,3293 dividirt, so wird man endlich bekommen:

$$n d^2 \cdot G = 1872,2032 \cdot h \cdot m \cdot K;$$

woraus folgt

$$d^2 = 1872,2032 \cdot \frac{h \cdot m}{n} \cdot \frac{K}{G} \ldots\ldots (1)$$

und $G = 1872,2032 \cdot \frac{h \cdot m}{n \cdot d^2} \cdot K \ldots\ldots (2)$

Diese Formeln können noch bestimmter dargestellt werden; denn da der mittlere Halbmesser des Schwungrades $= d$ ist, so ist der Umfang $= 6,2832 \cdot d$; man nehme ferner an, daß der Durchschnitt des Schwungrades, er sey nun rund, rechtwinklig oder viereckig, einen Inhalt habe von A Quadratpalmen, so ist der körperliche Inhalt des Umfanges des Radkranzes $= 6,2832 \cdot d \cdot A$ Kubikpalmen. Wenn ein Schwungrad von Wirkung seyn soll, so muß es, hauptsächlich im Großen, aus Eisen gegossen werden. Nehmen wir nun dieses als eine ausgemachte Sache an, so muß, da ein Kubikpalm Gußeisen im Durchschnitt 7,207 niederl. Pfund wiegt, die Schwere des Gewichtes des Schwungradumfanges ausgedrückt werden durch

$$G = 6,2832 \cdot d \cdot A \cdot 7,207 = 45,28\, d \cdot A;$$

und setzen wir diesen Werth in die Formel Nr. (1), so wird man, nachdem man mit d multiplicirt und mit 45,28 dividirt hat, bekommen:

$$d^3 = 41,4 \cdot \frac{h m K}{n A} \ldots\ldots\ldots (3)$$

Durch diese Formel kann man nun den mittlern Radius d des Schwungrades berechnen, wenn bekannt ist

1) der Inhalt A des Felgendurchschnittes vom Rade in Quadratpalmen;

2) die Zahl der Umdrehungen m, welche das Schwungrad vollbringen muß, ohne durch die bewegende Kraft weiter angetrieben zu werden.

Die drei übrigen Größen K, h und n sind immer von selbst bekannt aus der Beschaffenheit der wirkenden Kraft und aus der Art der Zusammensetzung der Maschine.

Was den Inhalt des Durchschnittes A anlangt, so bemerke man, daß, obgleich der Felgenkranz des Schwungrades nicht zu leicht seyn darf, man denselben gleichwohl auch nicht zu schwer machen muß; denn zuerst muß die bewegende Kraft dann einen größern Widerstand der Reibung überwinden, und sodann wird der Werth des Durchmessers dadurch kleiner, und da die Trägheit des Schwungrades nicht blos in dem einfachen Verhältnisse seiner Masse, oder seines Gewichtes zunimmt, sondern auch im Verhältnisse des Quadrates des Halbmessers; so gewinnt man mehr mit der Vergrößerung des Durchmessers, als mit der schwerern Construction des Rades. Indem man nun den Kranz so leicht, wie möglich, und den Durchmesser so groß, wie möglich macht, erlangt man einen größern Effect des Schwungrades und einen geringern Druck desselben auf die Zapfenlager der Welle. Es giebt jedoch bei allen Maschinen eine Grenze für die Größe des Schwungrades, die nicht überschritten werden darf und nach den besondern stattfindenden Umständen bestimmt werden muß. Ist diese Grenze nun ziemlich genau bekannt, so fange man damit an, für den Inhalt des Durchschnittes A eine gewisse Zahl zu setzen, z. B. 0,5 Quadratpalmen, oder 1 Quadratpalme, oder auch mehr, je nachdem die Maschine groß ist,

und je nachdem das Rad mehr oder weniger Umdrehungen m ohne die Wirkung der bewegenden Kraft machen soll. Mit dieser Zahl berechnet man dann den Halbmesser d (vorausgesetzt, daß m bestimmt ist); findet man diesen nach den Umständen zu groß, oder sollte das Rad für diese Größe zu schwer, oder zu kostbar werden, so vermehre man die Zahl A und berechne aufs Neue die Formel Nr. (3); war d zu klein, so muß man diese Berechnung mit einer kleinern Zahl A wiederholen u. s. w., bis man einen Durchmesser gefunden hat, welcher dem Rade die erforderliche Größe giebt. Manchmal ist die Größe des Rades nach den stattfindenden Umständen ganz und gar bestimmt; man kennt dann den Halbmesser d und muß nun die Größe des Durchschnittes A so bestimmen, daß das Schwungrad den verlangten Effect giebt, was erreicht wird durch die Berechnung der folgenden Formel

$$A = 41{,}4 \cdot \frac{hmK}{nd^3} \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

Ist A auf diese Weise gefunden, so muß man, wenn der Durchschnitt ein Kreis werden soll, den Durchmesser des Kreises suchen, welcher A Palmen Inhalt hat. Dieser Durchmesser wird die Dicke der Felge geben. Muß der Durchschnitt ein Rechteck werden, so hat man, was sehr leicht ist, zwei solche Zahlen für die Dicke und Breite der Felge zu nehmen, daß ihr Product = A ist. Die Dicke nehme man ½ oder um etwas weniges größer, als die Breite, weil sonst die Speichen eine zu große Breite bekommen müssen.

Die Zahl m muß mit bestimmt werden, je nachdem die Kraft kürzer oder länger während jeder Umdrehung ein geringeres Vermögen ausübt, und je nachdem die Regelmäßigkeit der Bewegung wäh-

rend den Augenblicken der geringsten Wirkung der Kraft in größerem oder kleinerem Maaß unterhalten werden muß. Meistens wird der Werth $m = 5$ dem Zweck entsprechen, jedoch ist diese Regel auf besondere Fälle nicht immer anwendbar, weshalb über diese Bestimmung ausführlicher gehandelt werden soll, wenn von den mechanischen Mitteln die Rede seyn wird, durch welche die kreisförmigen Bewegungen mit veränderlichem Druck fortgepflanzt werden, was unter andern in §. III. des folgenden Kapitels der Fall seyn wird. Aus diesem Grunde sind hier auch besondere Berechnungen weggelassen worden.

Wenn man den Durchmesser, oder den Halbmesser eines Schwungrades gefunden hat, und man deshalb die Schwere des Umfanges kennt, so wird es keine Schwierigkeit verursachen, nach den Grundsätzen, welche im §. III. des dritten Kapitels der vorigen Abtheilung entwickelt sind, die Dicke und Breite der Speichen zu berechnen. Die Zahl der Speichen oder Arme ist gewöhnlich vier oder sechs, und man nimmt für die größten Schwungräder von sechs bis acht Ellen Durchmesser selten mehr, als acht, weil sie den Felgenkranz des Rades nur zu tragen haben und durch keine Kraft seitlich gedrückt werden, wie dieses bei einem Zahnrade der Fall ist. Die Fig. 174 zeigt hinlänglich an, wie die Speichen mit den Felgen und mit der Nabe verbunden werden können; man muß übrigens hierbei die Vorschriften beobachten, welche in dem so eben citirten Kapitel der vorigen Abtheilung für diesen Zweck gegeben sind.

Wie oben gesagt, ist es mehr die Geschwindigkeit, welche die Kraft des Schwungrades vermehrt, als daß das Gewicht desselben hierzu gleichviel beitragen solle; denn es wird immer mehr Kraft

in Anspruch nehmen, den Lauf eines schnell bewegten Körpers zu hemmen, als denjenigen eines weniger schnell bewegten Körpers, dessen Schwere verhältnißmäßig größer ist, als die des erstern. Aus diesem Grunde muß man den Durchmesser des Rades eher groß nehmen, als daß man die Schwere des Umfanges vergrößert. Es steht jedoch nicht immer in unserer Willkühr, den Durchmesser des Rades beliebig zu bestimmen, denn es können sich beträchtliche Schwierigkeiten dagegen legen, z. B. wenn man einer Maschine ein Schwungrad geben muß und man den Durchmesser desselben 4 bis 5 Ellen groß nehmen wollte, und wenn die Welle dieses Rades nahe am Boden läge, so daß man dasselbe in einer ausgemauerten oder mit Holz ausgezimmerten Vertiefung, oder in einem aus eisernen Platten zusammengesetzten halbrunden Kasten laufen lassen müßte, so könnte eine solche Vertiefung oder ein solcher Kasten viel Kosten verursachen, sobald man ihn in einem tief liegenden nassen Boden anlegen müßte. Ein kleineres Schwungrad ist dann viel besser, jedoch muß man demselben alsdann keine verhältnißmäßig größere Masse geben, sondern durch Vermittlung von Räderwerk eine um so größere Geschwindigkeit, daß der Effect demjenigen eines größern Schwungrades gleichkommt.

Man bezeichne das Gewicht des Umfanges eines Schwungrades, das einen Halbmesser von p Palmen hat, mit W und lasse dieses das Rad seyn, welches man, durch keine örtlichen Umstände behindert, anwenden muß, um einen verlangten Effect mit ihm hervorzubringen. Gebieten nun die örtlichen Umstände, daß das Rad keinen größern Halbmesser haben könne, als von q Palmen, und giebt man dem Umfang eine solche Dicke und Breite, daß das Gewicht = w wird, so muß man, um die Zahl

der Umgänge zu finden, welche dieses Rad mehr als das andere machen muß, damit der Effect derselbe bleibe, so argumentiren: Angenommen, das große Schwungrad mache in der Minute n Umgänge, so vollbringt es in einer Sekunde $\frac{n}{60}$ Umgänge (was auch ein Theil eines Umganges seyn kann, sobald n kleiner, als 60 ist). In einer Sekunde beschreibt also ein Punkt des Umfanges einen Weg von $6{,}2832 \cdot p \cdot \frac{n}{60}$ Palmen, und dieses ist die Geschwindigkeit des Umfanges oder des Kranzes; multiplicirt man die Masse $\frac{W}{g}$ mit dem Quadrate dieser Geschwindigkeit, so erhält man für die lebende Kraft des Rades, welche seiner Wirkung proportional ist

$$\frac{W}{g} \cdot \left(\frac{6{,}2832}{60}\right)^2 \cdot p^2 \cdot n^2.$$

Nennt man die Geschwindigkeit, welche der Umfang des kleinen Schwungrades bekommen soll, x, so ist die lebende Kraft der Masse dieses Umfanges

$$= \frac{w}{g} \cdot x^2;$$

diese lebende Kraft muß nun der vorhergehenden gleich seyn, damit der Effect derselbe bleibe; folglich

$$\frac{w}{g} \cdot x^2 = \frac{W}{g} \cdot \left(\frac{6{,}2832}{60}\right)^2 \cdot p^2 \cdot n^2,$$

woraus folgt

$$x = \frac{6{,}2832}{60} \cdot p \cdot n \sqrt{\left(\frac{W}{w}\right)}.$$

Dieses ist dann der Weg, den ein Punkt des Umfanges in einer Sekunde beschreibt; folglich in einer Minute oder in 60 Sekunden einen Weg von

$$60x = 6{,}2832 \cdot p \cdot n \sqrt{\left(\frac{W}{w}\right)};$$

für eine Umdrehung beschreibt ein Punkt des Radkranzes einen Weg von 6,2832 · q Palmen; dividirt man nun diese Zahl mit dem in einer Minute zurückzulegenden Wege, so findet man die Zahl der Umgänge, welche das kleinere Schwungrad in einer Minute vollbringen muß, damit es denselben Effect gewähre, wie das größere Rad, welches in einer Minute n mal umläuft, nämlich:

Zahl der Umgänge des kleinen Rades in

$$1 \text{ Minute} = n \cdot \frac{p}{q} \sqrt{\left(\frac{W}{w}\right)},$$

wonach man nun das nöthige Räderwerk einrichten kann.

Man bilde sich nicht ein, daß ein Schwungrad die Kraft irgend einer Maschine vermehre, und daß deshalb die Anwendung eines solchen Rades für die meisten Maschinen, die eine kreisförmige Bewegung haben, anzupreißen sey; denn die Bewegung eines solchen Rades raubt im Gegentheil eine Portion der nützlichen Kraft und beseitigt blos die kleinen Unregelmäßigkeiten der bewegenden Kraft, oder der Bewegung der Last. Es bewirkt wegen seiner Trägheit, daß die Bewegung der Maschine regelmäßig in denjenigen Augenblicken fortdauert, wo die bewegende Kraft weniger wirksam ist. Dieses sind die einzigen Dienste, welche die Schwungräder leisten, so daß man sie nur dann anwenden muß, wenn die genannten Erfordernisse durch die vorhandenen Theile der Maschine selbst nicht befriedigt werden können. Die meisten sich umdrehenden Theile

einer Maschine leisten mehr oder weniger den Dienst eines Schwungrades. In einer Getreidemühle z. B. würde die Anwendung eines Schwungrades meistentheils unnütz seyn, weil der Läufer oder der obere Mühlstein, der eine ansehnliche Schwere hat, auch ein großes Vermögen besitzt, in seiner Bewegung zu beharren und die umdrehende Bewegung im Allgemeinen regelmäßig zu unterhalten, es müßte denn die bewegende Kraft, wie z. B. der Wind, sehr veränderlich wirken. Aber dann können auch die Unregelmäßigkeiten durch ein Schwungrad nicht beseitigt werden, ja sie können durch dasselbe sogar vermehrt werden, und ein konisches Pendel wird dann die gewünschte Wirkung hervorbringen. Befinden sich in einer Maschine schwere Zahnräder aus Gußeisen, so können diese den Dienst eines Schwungrades vollkommen verrichten.

In den meisten Maschinen, welche von der bewegenden Kraft unmittelbar eine umdrehende Bewegung empfangen, wie es z. B. in Wind- und Wassermühlen der Fall ist, kann man die Schwungräder entbehren, um die Unregelmäßigkeiten der mitgetheilten Bewegung zu beseitigen, und sie können dann allein manchmal dazu dienen, die Unregelmäßigkeiten der Wirkung oder der Bewegung der Last zu vermindern, oder auch, um das Moment der Bewegung zu unterhalten, wenn die Last nur nach Zwischenräumen Widerstand darbietet.

Schwungräder sind jedoch bei kreisförmigen Bewegungen häufig nothwendig, um z. B. eine Reihe mit einander verbundener oder an einander gekuppelter Wellen regelmäßig und ohne viel Torsion zu bewegen. Sie sind manchmal auch nothwendig, um die langsame Bewegung schwerfälliger Räder regelmäßig zu unterhalten, müssen jedoch alsdann eine größere Geschwindigkeit, als die Räder besitzen, weil

sonst der Effect geringer werden könnte, als der Widerstand, den sie der Kraft entgegensetzen. Bei den meisten Umwandlungen der auf- und niedergehenden Bewegung zu einer kreisförmigen u. s. w. können sie einen wichtigen Dienst leisten (wie nachher in dem folgenden Capitel angegeben werden soll). Bei der Art der in Fig. 167 angegebenen Mittheilung der Bewegung ist also ein Schwungrad unvermeidlich nothwendig. Sie können auch benutzt werden, wenn die bewegende Kraft ihr Vermögen auf einmal mit voller Kraft ausüben muß, wie es mit der Schraube der Fall ist, wenn Löcher in eiserne oder kupferne Platten u. s. w. gebohrt werden sollen, was §. VI. Abth. II. Theil I. beschrieben ist. In solchen Fällen schärft ein Schwungrad die die Bewegung. Wenn sie jedoch auf diese Weise in großen Maschinen angewendet werden, in welchen die Art der Arbeit eine mannichfaltige Veränderung der Geschwindigkeit der Bewegung mit sich bringt, oder welche häufig aufgehalten werden müssen, so kann ihre Anwendung mehr schädlich, als nützlich werden, — mit einem Worte, man muß ein solches Rad niemals anwenden, wenn man nicht aus der Art der Kraft und Last, und aus der Einrichtung der Maschine sich vollkommen von dem Vortheil überzeugt hat, den sie, was die Regulirung der Bewegung anlangt, gewähren können.

Es muß noch bemerkt werden, daß, wenn das Schwungrad benutzt werden soll, die Wirkung der bewegenden Kraft zu reguliren, es demjenigen Theile so nahe wie möglich gebracht werden muß, welcher die genannte Wirkung auf eine unregelmäßige Weise anderen Theilen mittheilt. Soll die Wirkung der Last regelmäßig werden, so bringe man auch das Rad so nahe an die Last, als dieses nur angehen will. Wenn man endlich das Schwungrad auf

mehr als eine Welle der Maschine bringen kann, so wähle man im Allgemeinen dazu diejenige Welle, welche sich am geschwindesten umdreht, denn dann kann die Schwere des Rades am kleinsten seyn, um mit dem wenigsten Widerstande für die bewegende Kraft den größten Effect zu erlangen.

21) Die Mittel, von welchen in Art. 19 und 20 ausführlich die Rede gewesen ist, dienten hauptsächlich dazu, die unregelmäßigen Wirkungen der bewegenden Kraft zu vermindern, in sofern die genannten Wirkungen aus der Art der bewegenden Kraft, oder aus der Art und Weise, wie sie ihr Kraftvermögen der Maschine mittheilt, entstehen können. Wir haben jetzt noch von den Mitteln zu sprechen, welche für denselben Zweck dienen müssen, wenn die Last mit ungleichem Widerstande bewegt wird.

Wenn die Last in einer Maschine während der verschiedenen Zeitpunkte der Bewegung einen andern Widerstand bietet, folglich eine unregelmäßige Wirkung der Kraft und dadurch eine unregelmäßige Bewegung der Maschine verursacht, so kann man diese Unregelmäßigkeit im Allgemeinen vermindern oder wegnehmen durch die beiden folgenden Mittel:

A. Indem man die Last bei ihren Zunahmen und Abnahmen mit Gegengewichten so vermindert oder vermehrt, daß die Kraft immer denselben mittlern Widerstand zu überwinden hat; so daß die Gegengewichte sich dann auch mit den Veränderungen der Last beständig verändern.

B. Indem man keine veränderlichen Gegengewichte anwendet, sondern dasselbe Gegengewicht auf veränderliche Hebelarme wirken läßt, eine Einrichtung, durch welche, wie sich sogleich ergeben wird, der verlangte Effect ein=

facher und richtiger erhalten wird, als durch das vorhergehende Mittel.

A. Um von der ersten Einrichtung und von der Anwendung des ersten Mittels ein Beispiel zu geben, stelle man sich die Last vor unter einem Gewichte Q Fig. 176, welches durch die Umdrehung einer Scheibe S herabsteigen soll, während an der andern Seite ein Gewicht P gehoben werden soll. Käme die Schwere der Ketten oder Seile AS und BS hier nicht in Betrachtung, so würde die bewegende Kraft, welche die Welle der Scheibe S umdreht, beständig dieselbe Last heben müssen, welche gleich ist der Differenz der Gewichte P und Q; wenn jedoch die Höhen des Steigens und Sinkens der Gewichte oder Lasten beträchtlich sind (wie es z. B. der Fall ist in Bergwerken, aus welchen man beständig schwere, mit Erzen gefüllte Tonnen heben und zu gleicher Zeit die ausgeleerten Tonnen wieder in den Schacht hinablassen muß), so wird die Schwere dieser Seile allein das Gleichgewicht herstellen, wenn P und Q sich in gleichen Höhen befinden; aber jenseits oder disseits dieses Punktes wird bald auf der einen Seite, bald auf der andern beständig ein Uebergewicht der Schwere vorhanden seyn, welches der Kraft Widerstand entgegensetzt und dann derselben auch wieder Erleichterung zuführt. Es besteht also in jedem Augenblick ein veränderlicher Widerstand, den man durch ein veränderliches Gegengewicht auf folgende Weise ins Gleichgewicht zu bringen sucht. Man befestigt alsdann an der Scheibe S oder an ihrer Welle ein Seil oder eine leichte Kette, deren Ende auf dem Boden G liegt, wenn z. B. das Gewicht Q sich oben an der Scheibe befindet, während dann das andere Gewicht P sich auf dem Boden befindet. Mit dem Ende der genannten Kette ist eine schwe-

rere Kette verbunden. Sobald nun Q niedergeht, steigt P; das Seil P S wird dann aufgewunden und hebt die Last, während das Seil Q S abgewickelt wird und durch sein Gewicht die Last von P mit heben hilft; aber zur selben Zeit wird auch die schwerere Kette gehoben, und diese vermehrt also die Schwere oder die Last von P, je nachdem das Steigen auf der einen, und das Hinabgehen auf der andern Seite stattfinden. Man wird jedoch durch diese Einrichtung niemals ein vollkommenes Gleichgewicht zwischen den Seilen an beiden Seiten der Scheibe S herstellen können, und wenn man auch die Glieder der größern Kette nachher schwerer machen wollte, so daß sie bei dem allmähligen Anziehen der kleinern Kette auch eine verhältnißmäßige Zunahme der Schwere bekäme, so würde dieses doch nur eine ansehnliche Beschwerde für die bewegende Kraft seyn. Auch müßte an der andern Seite der Scheibe S eine dergleichen Einrichtung vorhanden seyn, wenn die Gewichte abwechselnd gehoben und niedergelassen werden sollen.

Eine viel einfachere und vollkommnere Einrichtung besteht darin, daß man unten an beide Gewichte P und Q Seile bindet, von gleicher Dicke und Schwere mit dem Seile A S B und mit ihren Enden auf dem Boden liegend. Denn bei sattsamer Länge dieser Seile wird in jeder Stellung der Gewichte P und Q immer dieselbe Länge des Seiles (g A S = G B S) an beiden Seiten der Scheibe S hängen, und die Last wird dann immer seyn = P — Q (oder Q — P) + der Reibung der Scheibe, welche erzeugt wird durch die Schwere von P — Q (oder Q — P) und durch die ganze Schwere des Seiles g A S B G. Obgleich die Kraft auf diese Weise immer den wenigsten und immer einen gleichmäßigen Widerstand zu überwinden hat,

so kann diese Einrichtung dennoch viel Hindernisse und Unbequemlichkeit für einige Leistungen u. s. w. erzeugen, wenn die Höhen des Steigens und Herabsinkens der Lasten P und Q beträchtlich sind; dieses kann sogar häufig bei geringern Höhen oder Tiefen nicht angewendet werden, wenn der Raum auf dem Boden g G durch die Seile g A und G B zu sehr behindert werden sollte. Nichts ist gleichwohl leichter, als die Modification dieser Einrichtung in der Art, daß die genannten Unbequemlichkeiten nicht mehr vorhanden sind; denn für diesen Zweck brauchen die Enden G und g der Seile oder Ketten nur mit einander verbunden zu werden, so daß sie den Boden G g nicht berühren, wie durch den punktirten Theil angegeben ist.

Es giebt noch andere Arten, eine veränderliche Last durch veränderliche Gegengewichte zu äquilibriren, sie sind jedoch eben so mangelhaft, als die erste der hier erwähnten Einrichtungen.

B. Wir haben bereits im ersten Theile dieses Werkes Art. 113 Taf. III. Fig. 134 und 135 gesehen, wie man die Veränderungen des Widerstandes einer Last auf die Weise äquilibriren kann, daß man die Hebelarme, an denen die Last wirkt, sich beständig verändern läßt. Die letzte der angezogenen Einrichtungen (Fig. 135 Taf. III. Theil I.) gewährt im Großen auf die einfachste Weise einen beinahe gleichmäßigen Widerstand der Last, obschon dieser Widerstand nicht mit einer mathematischen Genauigkeit immer derselbe ist, besonders wegen der Widerstände der verschiedenen Reibungen; jedoch mit mathematischer Genauigkeit erreicht man auch den Zweck im Großen niemals. Die folgende Einrichtung kann zum Ueberflusse noch einen dritten Beleg der Art und Weise abgeben, wie man die veränderliche Last, welche eine bewegende Kraft erfährt, wenn

sie Gewichte hebt und niedersteigen läßt (wie dieses bei den zwei Tonnen, welche in einen Schacht niedergelassen und heraufgehoben werden, der Fall ist), gleichmäßig macht durch ein bestimmtes Gegengewicht, welches an veränderlichen Hebelarmen wirkt.

Es sei C Fig. 177 der Durchschnitt einer Welle, welche durch Pferde-, Wasser-, oder Dampfkraft in Drehung versetzt wird, und auch zwei Lasten P und Q abwechselnd hebt und niederläßt; es werden zugleich auch die Seile P A J und Q B K, an welchen die Lasten hängen, auf eine zweckmäßige Weise abgewunden und aufgewunden. Ohne weitern Apparat würde der Widerstand der Last sich beträchtlich verändern während der Zeit, wo eine der Lasten z. B. P von unten emporgehoben wird, denn im Anfange der Bewegung würde die Schwere des ganzen Seiles P A der Kraft Widerstand leisten, und dieser Widerstand würde abnehmen, bis beide Lasten gleiche Höhe erreicht haben und ihre Seile einander äquilibriren, worauf die Schwere des andern Seiles Q B anfangen würde, die Kraft zu erleichtern, bis Q unten angelangt ist und die Last um die volle Schwere des Seiles B Q vermindert seyn würde.

Wenn also außer den Reibungen u. s. w. die eigentliche Last P ist, und die Schwere des Seiles, gerechnet vom Punkte A oder B bis auf den Boden oder den tiefsten Punkt des Niedersteigens q Pfunde beträgt, so wird die Last zu Anfang der Bewegung seyn $P + q$, und zu Ende der Bewegung $P - q$; folglich findet eine Veränderung des Widerstandes statt $= P + q - (P - q) = P + q - P + q = 2q =$ der doppelten Schwere des Seiles, von einer Länge, welche der Höhe des Emporsteigens oder des Herabsteigens gleich ist.

Um diese ansehnliche Ungleichheit des Widerstandes fast ganz zu beseitigen, wendet man das ein-

zelne Gegengewicht Z an, welches über eine Scheibe D geschlagen ist und mit einer Kette oder einem Seil auf das spiralförmige Stück H G F E gewunden wird, von dessen Anwendung in der Folge mehr Beispiele vorkommen werden, und das man gewöhnlich ein Excentricum nennt. Dieses Stück ist mit der Welle eines Zahnrades E U verbunden, welches durch ein Getriebe T getrieben wird, und das Getriebe empfängt seine Bewegung vom Rade S durch ein anderes Getriebe R, welches an der allgemeinen Haspelwelle C sitzt. Das Gegengewicht Z wird, wie sich aus der Figur ergiebt, die Welle C mittelst des Räderwerkes R, S, T, U in einer Richtung umzudrehen streben, die derjenigen entgegengesetzt ist, welche es beim Heben der Last P besitzt; und dieses Streben (welches durch die größern Hebelarme der Räder, im Verhältnisse zu denen der Getriebe, sehr vermögend seyn kann) vernichtet deshalb jenes der Schwere des niedergehenden Seiles Q B; da jedoch dieses letzte Streben jedesmal zunimmt, so muß auch das erste zunehmen, und dazu dient alsdann der excentrische Haspel des kurzen Seiles oder der kleinen Kette des Gegengewichtes Z; denn wenn dieses Seil um das Excentricum E F G H gewunden wird (vorausgesetzt, daß der Anfang bei E beginne), so wird seine senkrechte Entfernung vom Mittelpunkte E beständig größer, d. h. mit andern Worten, es bekommt unaufhörlich einen größern Hebelarm und dadurch ein größeres Moment, um die Welle C nach einer andern Richtung umzudrehen und der zunehmenden Schwere des Seiles B Q das Gleichgewicht zu halten.

Das Räderwerk muß so regulirt werden, daß das Rad U höchstens einen Umgang macht, während die Last P vom höchsten bis zum tiefsten Punkte

bewegt wird. Die Figur des **Excentricums** sey so beschaffen, daß

1) wenn die Bewegung beginnt, die Richtung E a des Seiles des Gegengewichtes Z durch den Mittelpunkt der Welle des Rades U läuft; alsdann hat dasselbe Gewicht keinen Hebelarm und strebt nicht, der Last entgegen zu wirken;

2) daß, wenn die beiden Lasten gleiche Höhe erlangt haben und die Seile PA und BQ einander äquilibriren, der Hebelarm von Z so groß ist, daß er damit an der Welle C ein Gewicht q (welches demjenigen des ganzen Seites gleich ist) tragen kann; alsdann setzt das Gegengewicht der Kraft einen Widerstand entgegen, demjenigen gleich, welcher zu Anfang der Bewegung stattfand; endlich muß

3) dieser Hebelarm doppelt seyn, wenn die Bewegung ihr Ende erreicht hat; denn dann setzt das Gewicht Z der Kraft einen Widerstand 2 q entgegen, wovon abgeht die Schwere q des Seiles B Q der niedergelassenen Last, welche Schwere eben, wie oben bemerkt worden ist, die Last erleichtert, weshalb für den eigentlichen Widerstand q übrig bleibt, so wie zu Anfang der Bewegung. Regulirt man nun die Hebelarme, mit welchen Z in andern, als in den genannten Stellungen wirkt, dergestalt, daß dadurch nach Abzug des verminderten Gewichtes des Seiles A P und des zugenommenen Gewichtes B Q, immer ein Widerstand q übrig bleibt, so wird ein gleichmäßiger Widerstand bestehen, und die ganze Last wird während der Bewegung immer P + q seyn.

Man kann die Form des Excentricums ziemlich annähernd auf folgende Weise bekommen: man beschreibe einen Kreis Fig. 178 aus O, als dem Mittelpunkte, der einen Halbmesser O N hat, welcher

nach dem Maaßstabe gemessen, mit welchem man arbeitet, die Länge des längsten Hebelarmes des Gegengewichtes Z Fig. 177 besitzt. Man theilt den Umfang und den Halbmesser dieses Kreises beide in dieselbe Zahl gleicher Theile (und je größer die Zahl dieser Theile ist, desto genauer wird das Resultat); man ziehe alsdann vom Punkte O bis zu den Theilpunkten des Umfanges die Halbmesser O A, O B, O C und beschreibe mit den verschiedenen Theilen des Halbmessers eben so viele Kreisbogen, wie die Figur anzeigt. Es sey D die Lage eines Punktes des Umfanges der Leitscheibe, welchen Punkt man auf dem Papiere mit dem Maaßstabe in Bezug auf den Punkt O so gestellt oder gezeichnet hat, wie derselbe sich in Bezug auf den Mittelpunkt der Welle E Fig. 170 an der Stelle selbst angebracht findet; man ziehe aus diesem Punkte D Fig. 178 Linien, welche die eben genannten einzelnen Kreisbogen in ihrer Verlängerung berühren. Diese Linien werden die horizontale Linie O N P in den Punkten P, 1, 2, 3 u. s. w. schneiden. Man nehme auf dem ersten Halbmesser den Theil O P; auf dem zweiten Halbmesser den Theil O A = O 1; auf dem dritten Halbmesser den Theil O B = O 2 u. s. w., so wird man, wenn man durch alle erlangten Punkte P, A, B, C u. s. w. eine krumme Linie zieht, die Form des Excentricums ziemlich genau bekommen. Man kann nach den Grundsätzen der Meßkunst diese gezeichnete Figur nun im Großen übertragen auf das Holz, aus welchem das Excentricum geschnitten werden soll, oder woraus man ein Modell verfertigt, um das Excentricum aus irgend einem Metalle gießen zu lassen.

Da das Excentricum an der Welle des Rades U Fig. 177 sitzt, so bringt man an dasselbe Rad, dem Schwerpunkte des Excentricums gegenüber, ein

Gewicht w von der Größe und von der Entfernung des Mittelpunktes E des Rades an, damit dasselbe die Schwere des Excentricums bei allen Stellungen des Rades im Gleichgewicht erhalte.

Wenn die Welle C sich in einer andern Richtung, als in der hier angenommenen umdrehen soll, um die Last P oder Q steigen zu lassen, die zuvor niedergegangen war, so muß natürlich auch das Rad U sich in einer andern Richtung umdrehen. In diesem Falle kann das Excentricum H G F keinen Dienst mehr leisten, sondern man muß dasselbe alsdann umkehren, oder an einen andern Theil der Welle des Rades U ein anderes Excentricum von umgekehrter Richtung bringen, dessen Gegengewicht erst angebracht wird, wenn die Umkehrung der Richtung der Bewegung einen Anfang nimmt, wo alsdann das erste Gegengewicht Z von seiner Kette oder die Kette desselben von dem Excentricum H G F losgemacht und außer Wirkung gebracht werden muß.

Zweites Kapitel.

Ueber die verschiedenen Methoden, um aus den geradlinigen und kreisförmigen Bewegungen abwechselnde geradlinige und abwechselnde kreisförmige Bewegungen abzuleiten.

---

§. I.

Angabe der Mittel, um die geradlinige Bewegung in eine abwechselnde geradlinige Bewegung zu verwandeln.

22) Es giebt dafür im Allgemeinen nur zwei Mittel, durch welche nämlich die abwechselnde gerad-

linige Bewegung unmittelbar aus der gradlinigen Bewegung erlangt wird. Auf sehr verschiedene Weise kann man jedoch die abwechselnde geradlinige Bewegung aus der ununterbrochenen geradlinigen Bewegung entstehen lassen, wenn man eine kreisförmige Bewegung zwischen beide treten läßt: man verändere alsdann mit einem der Mittel von §. II. des vorhergehenden Capitels die geradlinige Bewegung in eine kreisförmige, aus welcher dann durch die Mittel des §. III. dieses Capitels eine abwechselnde geradlinige Bewegung erlangt wird. Auf diese Weise bekommt man das Verlangte auf die allgemeinste Art; denn die zwei oben erwähnten Mittel, die jetzt angegeben werden sollen, sind mehr besondere Mittel.

23) Erstes Mittel. Mit einem Stab A B Fig. 179, welcher in der Richtung p q auf Rollen oder in einer Nuth eine genaue stete geradlinige Bewegung besitzt, sind einige doppelte schiefe Flächen C D E, C F G u. s. w. verbunden; der Körper P, welcher abwechselnd geradlinig bewegt werden soll, hängt an einem Stab a b, welcher zwischen Rollen oder Leitstücken läuft, und stützt sich auch mittelst eines Röllchens R auf die Länge D E einer schiefen Fläche. Die Längen D E, F C u. s. w. der schiefen Flächen an der rechten Seite bilden einen rechten Winkel mit der Richtung a b, in welcher P bewegt werden muß. Wenn nun A B in der Richtung p q bewegt wird, so muß P durch die schiefe Fläche D E fortgetrieben werden; ist C D E in den Stand c d e gelangt, so hat P seinen höchsten Stand erreicht, indem die Rolle R alsdann auf dem Gipfel der schiefen Fläche E D ruht, so daß bei fernerem Fortschritte des Stabes A B die Rolle mit dem Körper P längs der schiefen Fläche D C herabsteigen

muß. Sobald die Rolle R auf den Stab AB zu ruhen kommt, wenn dieser einen Raum CE durchlaufeu hat, so wird die folgende schiefe Fläche FC die Rolle R mit dem Körper P wieder zurückführen u. s. w.; folglich muß P beständig hin- und hergehen, wenn der Stab AB anhaltend fortschreitet.

Diese Einrichtung bringt mit sich, daß die Rolle R entweder durch die Schwere des Körpers, oder durch das Gewicht der Stange ab beständig gegen die schiefen Flächen angedrückt wird und also anhaltend strebt, sich dem Stabe AB zu nähern; wäre dieses der Fall nicht, sondern läge P z. B. unter AB, und besäße das Streben dann die Richtung, sich von AB zu entfernen, oder bestände weder ein Streben, sich AB zu nähern, noch eine Neigung, sich von diesem Stabe zu entfernen, so müßte man das Andrücken der Rolle R gegen die schiefen Flächen bewirken durch Federn oder Gegengewichte (vergleiche Fig. 23 Taf. I.), oder man müßte diese Rolle in Rinnen laufen lassen, wodurch sie sammt der Stange ab mit den schiefen Flächen verbunden und genöthigt würde, der Bewegung dieser Flächen zu folgen. Obschon der Widerstand der Reibung dadurch größer wird, so sind dergleichen Bewegungen in Rinnen sehr häufig der Anwendung von Gegengewichten und Federn vorzuziehen, weil diese immer einen Theil der bewegenden Kraft nutzlos vernichten.

Da das beschriebene Mittel abgeleitet ist und übereinstimmt mit demjenigen, welches in Art. 5 (siehe das vorhergehende Kapitel §. I.) angegeben ist, so können alle Bemerkungen, die am citirten Orte gemacht sind und sich auf die verschiedenen Richtungen, Geschwindigkeiten, Entfernungen der Bewegung u. s. w. beziehen, auch hier angewendet werden, weshalb wir uns jetzt über diesen Gegenstand nicht weitläufig zu verbreiten brauchen.

Es muß blos bemerkt werden, daß die Richtung der schiefen Flächen C D, G F u. s. w. so genommen werden müsse, daß sie eine Basis C H = G H u. s. w. haben, gleich dem Raume, welchen der Stab A B durchläuft, während die Rolle R längs C D, G F sich niederwärts bewegt. Alsdann wird R mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit längs den genannten Flächen bewegt werden, wenn auch der Stab A B gleichförmig fortschreitet.

Wenn C D, G F u. s. w. gerichtet sind, wie g D, parallel dem Stabe a b oder senkrecht auf D E, so wird die Rolle R beim Zurückgehen nicht längs C D, G F u. s. w. gleiten, weil diese Flächen alsdann die Rolle R nicht mehr unterstützen können, sobald der Scheitelpunkt d unter der Rolle R durchgegangen ist, wie die Linie d h anzeigt. In diesem Falle sind dann auch die zweiten schiefen Flächen C D, E F u. s. w. überflüssig; die Bewegung des Körpers P wird jedoch, da sie nicht mehr durch eine schiefe Fläche geregelt wird, im Allgemeinen unregelmäßig, und man muß die schiefen Flächen D E, F G u. s. w. in einige Entfernung von einander bringen, Fig. 180, so daß g H der Raum ist, den der Stab A B zurücklegt, während P niederwärts steigt; die Rolle R wird dann gerade A B berühren, wenn der Fuß G der Fläche F G, welche die Rolle wieder zurückführen muß, in g angelangt ist. Endlich nehme man darauf Rücksicht, daß, damit die Uebergänge der Richtung der abwechselnden geradlinigen Bewegung auf eine sanfte Weise statthaben, die scharfen Ecken vermieden werden müssen; deshalb werden die Scheitel D und F der schiefen Flächen Fig. 179 abgerundet, und die Füße E, C u. s. w. werden auch auf dem Stabe A B ausgerundet.

24) Zweites Mittel. Eine gezahnte Stange A B C D Fig. 181 nur auf die Entfernung A B und C D gezahnt, wirkt auf ein Rad E, welches zum Theil oder ganz gezahnt ist, und um dessen Welle ein Seil geschlagen ist, welches ein Gewicht oder eine Last G hält.

Wenn die Umdrehung des Rades E durch die Zähne der gezahnten Stange bewirkt wird, so muß die Last in der Richtung a b fortschreiten; wenn jedoch die gezahnte Stange mit einem ungezahnten Theile B C unter den Zähnen des Rades E fortläuft, so ist das Rad E frei und die Last G kann alsdann durch ihre Schwere, durch ein Gegengewicht, oder durch eine Feder von der Welle des Rades E ablaufen und deshalb in der Richtung c d zurückgehen. Die Last bewegt sich also abwechselnd geradlinig, während die gezahnte Stange in derselben Richtung ununterbrochen fortschreitet. Viele Lasten können auf diese Weise durch die verschiedenen gezahnten Theile der Zahnstange gleichzeitig bewegt werden.

Wenn die Last mit eigner Schwere oder auf eine andere Weise nicht freiwillig zurückgeht, so kann man dieselbe ohne Anwendung von Gegengewichten abwechselnd geradlinig bewegen. Denn es soll der Körper P in der Richtung m n hin- und herbewegt werden; die gezahnte Stange sey dann an jeder Seite abwechselnd gezahnt, so daß die gezahnten Strecken an der einen Seite den ungezahnten Strecken an der andern Seite gegenüberliegen; man bringe an die andere Seite der gezahnten Stange ein zweites Rad e, binde dann an die Last P eine Schnur oder eine Kette, welche über die Leitscheiben m und n läuft, und deren Enden in einer entgegengesetzten Richtung um jede der Wellen der Räder E und e geschlagen sind. Da nun diese

Räder abwechselnd umgedreht werden, so werden sie die Schnur auch abwechselnd aufwinden, und der Körper P wird dadurch genöthigt werden, sich in der Richtung m n hin- und herzubewegen. Durch die Umdrehung des Rades, welches die Schnur aufwindet, muß das zweite Rad in anderer Richtung umgedreht werden, damit die Schnur sich von der Welle abwinde. Die Ueberwindung des Widerstandes der Reibung u. s. w., welche hieraus entsteht, ist dann eine reine Verschwendung für die wirkende Kraft, welche jedoch meistens kleiner seyn wird, als wenn man den Körper P durch ein Gegengewicht oder eine Feder zurückbewegen wollte; auch wird der Körper auf die beschriebene Weise immer regelmäßig bewegt, wenn die Bewegung der gezahnten Stange regelmäßig ist, was bei Anwendung eines Gegengewichtes keinesweges der Fall ist, indem die Bewegung dann meistentheils beschleunigend seyn wird.

Mittelst Stirn- und Kegelrädern und Wellen kann die Mittheilung der Bewegung in verschiedenen Richtungen, in verschiedenen Ebenen, in verschiedenen Entfernungen, mit Aussetzungen und mit verschiedenen Geschwindigkeiten stattfinden; die Geschwindigkeit der gezahnten Stange muß jedoch klein seyn, sonst erfolgt die abwechselnde Berührung der gezahnten Stellen von Seiten der Zähne der Räder E nicht ohne einen Stoß, wodurch Zähne zerbrechen können und ein Verlust an Kraft u. s. w. die Folge seyn muß.

Da die abwechselnde geradlinige Bewegung hier eigentlich mit Dazwischenkunft einer kreisförmigen oder abwechselnd kreisförmigen Bewegung hergestellt ist, so können hier alle in §. IV. Kap. 1. beschriebenen Mittel angewendet werden, um die Bewegung zu hemmen, ihre Richtung zu verändern, sie zu mäßigen u. s. w.

§. II.

Mittel, die abwechselnde kreisförmige Bewegung aus der geradlinigen Bewegung abzuleiten.

25) Der Weg, der hierzu im Allgemeinen eingeschlagen werden muß, ist dem ähnlich, welcher im vorhergehenden §. für einen ähnlichen Zweck angegeben worden ist: Man muß nämlich die geradlinige Bewegung nach §. II. Kap. 1. in eine kreisförmige Bewegung umändern und aus dieser kreisförmigen Bewegung alsdann eine abwechselnd kreisförmige Bewegung bilden, durch eins der Mittel, welche in diesem Kapitel §. IV. an die Hand gegeben werden sollen.

Die besondern Mittel, die man hier anwenden kann, sind auch vollkommen denen ähnlich, welche in Art. 23 und 24 erklärt sind. Bei dem zweiten Mittel Fig. 181 ist dieses deutlich; denn indem man eine zum Theil gezahnte Stange A D auf ein Zahnrad E, oder auf einen gezahnten Bogen P Q Fig. 182 wirken läßt, muß dieser Bogen natürlich abwechselnd kreisförmig bewegt werden, wenn er beim Durchgange der ungezahnten Theile der Zahnstange durch ein Gegengewicht, oder durch einen zweiten Bogen an der andern Seite der Zahnstange zurückgeführt wird; man kann auf diese Weise die abwechselnde kreisförmige Bewegung in allen Richtungen und durch die Anwendung längerer oder kürzerer Hebelarme S R, S T oder auch wohl durch Zwischenräder mit allerhand Geschwindigkeiten entstehen lassen.

Auf gleiche Weise kann man sich schiefer Flächen A B C, A D E Fig. 183 bedienen, um einen Körper R oder T mit einem Arme verbunden, der

um einen festen Unterstützungspunkt S beweglich ist abwechselnd in einem Kreisbogen zu bewegen, dessen Mittelpunkt in S liegt. Obschon diese Einrichtung derjenigen ziemlich gleich ist, die in Fig. 179 angegeben worden ist, so sind hier doch Rand und Form der schiefen Flächen anders, und deshalb muß nun das eine und das andere noch bemerkt werden.

26) Es sey ACB Fig. 184 der Stab oder der Theil, mit welchem die schiefen Flächen verbunden werden müssen; F sey der Drehungspunkt des Hebels, dessen Ende C abwechselnd im Kreisbogen D C sich umdrehen muß. Die Bewegung des Stabes A B und das Ende C des Hebels F C kann auf jede Weise stattfinden; man nehme jedoch hier an, daß sie regelmäßig sey, weil die regelmäßige Bewegung die allgemeinste und vortheilhafteste Bewegung der Theile einer Maschine ist. D C sey die Extension des Bogens, in welchem das Ende C abwechselnd bewegt wird, und A C sey der Raum, den der Stab durchläuft, während der genannte Bogen CD beschrieben wird. Da wir beide Bewegungen als gleichförmig angenommen haben, so müssen die Punkte C und A gleiche Theile ihres Weges in gleichen Zeiten zurücklegen. Man theile z. B. den Bogen D C und die Linie A C in acht gleiche Theile. Wenn nun die Bewegung bei C beginnt und C den Punkt g erreicht hat (es ist nämlich $Cg = \frac{1}{8}$ C D), so muß der Fuß C der schiefen Fläche auch um $\frac{1}{8}$ A C fortgeschritten seyn. Die schiefe Fläche sei geradlinig oder krummlinig, so legt doch jeder Punkt derselben während der Bewegung parallel mit A B immer einen gleich großen Theil des Weges zurück; folglich muß der Punkt der schiefen Fläche, welcher sich gleichzeitig mit dem Ende C in g befindet und dieses Ende bis nach g fortgerückt hat, einen eben so großen Weg zurück

gelegt haben, als der Fuß C der schiefen Fläche, nämlich $\frac{1}{8}$ A C.

Hieraus folgt nun wieder, daß im Anfange der Bewegung die Entfernung von g bis zum übereinstimmenden Punkte der schiefen Fläche $\frac{1}{8}$ der Entfernung A C seyn müsse. Zieht man nun g w parallel mit A B und nimmt man g w = $\frac{1}{8}$ A C, so ist w derjenige Punkt der schiefen Fläche, welcher mit dem Ende C von F C in dem Augenblicke in Berührung seyn muß, wo die schiefe Fläche und der Punkt C jedes $\frac{1}{8}$ ihres besondern Weges zurückgelegt haben werden. Für die übrigen Punkte f, e, d u. s. w., welche in $\frac{2}{8}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{4}{8}$ u. s. w. des Bogens C D liegen, gilt eine ähnliche Schlußfolge, und hieraus läßt sich nun entnehmen, daß, um die verschiedenen Punkte der schiefen Fläche zu construiren, die folgende Regel angewendet werden müsse:

Man theile den Bogen C D und den Raum A C in dieselbe Zahl gleicher Theile; man ziehe aus den Theilpunkten g, f, e u. s. w. des Bogens C D Linien, welche mit A C parallel laufen; man nehme auf der ersten Linie g w = 1 Theil von A C; auf der zweiten Linie f v = 2 Theile von A C; auf der dritten Linie e u = 3 Theile von A C u. s. w., so wird die Linie E C, welche gezogen worden ist durch die auf diese Weise erlangten Punkte w, v, u, t, s, r, q, E die Form der schiefen Fläche darstellen, welche, den Raum A C regelmäßig durchlaufend, das Ende C des Hebels F C in dem Bogen C D von C nach D regelmäßig emporführen wird.

Die Form C E der schiefen Fläche, welche das Ende C von F C vorwärts bewegen wird, ist immer geradlinig, wenn die beiden Bewegungen regelmäßig seyn müssen, und man bekommt die richtige Stellung dieser Linie E C, wenn man die Enden D und A des Bogens CD und des Weges A C durch die gerade Linie A D verbindet. Diese gerade Linie wird alsdann die Länge der verlangten schiefen Fläche geben.

Wenn die schiefe Fläche in den Stand A D gekommen seyn wird, so ist das Ende C des Hebels F C an das Ende D des Weges C D gelangt, und muß nun wieder zurückgehen mit einer regelmäßigen Bewegung, so daß es in C anlangt, wenn A den Weg A G = A C zurückgelegt haben wird. Für diesen Zweck muß das Ende D wieder durch eine zweite schiefe Fläche D h i k l m n o B in seiner Bewegung geleitet werden. Die Gestalt dieser schiefen Fläche wird auf dieselbe Weise construirt, wie diejenige der ersten C E; da jedoch die Bewegung nun von D beginnt und nicht von C, so muß man die Linie a h als die erste, die Linie b i als die zweite Parallellinie u. s. w. betrachten; nimmt man nun auf a h den Theil a h = 1 Theil von A C, ferner b i = 2 Theile von A C, c k = 3 Theile von A C u. s. w., so daß aus dem letzten Theilpunkte C die Linie C B gleich dem ganzen Wege A C genommen wird; und zieht man endlich durch die Punkte D, h, i u. s. w. bis B eine Linie, so wird diese die Gestalt der zweiten schiefen Fläche seyn, welche das Ende D des Hebels F D regelmäßig nach C zurückführen wird, während die Füße A und B der Fläche A D B die gleichen Räume A G und B C durchlaufen. Diese Form wird keine gerade Linie ge-

ben, sondern eine krumme Linie D h i k l m n o B, welche um desto genauer construirt wird, in je mehr Theile man den Bogen C D getheilt hat. Die ganze doppelte schiefe Fläche A D B hat eine Basis A B, welche gleich ist dem doppelten Wege A C, welcher zurückgelegt wird von der schiefen Fläche, während der Bogen C D von dem Ende des Hebels F C beschrieben wird.

Anmerk. Da das Ende von F C nicht mit einem Punkte auf der Fläche D k n B ruht, sondern mit einem Röllchen, so wird die Form D k n B zwar für den Mittelpunkt, aber nicht für den Umfang des Röllchens sich eignen, um F C eine regelmäßige Bewegung zu geben. Für diesen Zweck muß man (wie es angegeben worden ist in der vorhergehenden Abtheilung für die Construction der krummlinigen Flügel der Zähne, welche auf die cylindrischen Treibstöcke eines Drillings wirken sollen) aus allen Punkten der krummen Linie D k m B kleine Kreise ziehen, welche zum Halbmesser den Radius des Röllchens haben, und die krumme Linie, welche längs den Umfängen dieser kleinen Kreise gezogen werden kann, wird dann die richtige Form der schiefen Fläche geben; denn der Mittelpunkt des Röllchens begreift die erste krumme Linie D h i m o B. Ist das Röllchen im Verhältnisse zur Höhe der schiefen Fläche sehr klein, so kann die eben gedachte Construction ganz weggelassen werden.

Wenn man auf diese Weise eine regelmäßige abwechselnde kreisförmige Bewegung herstellt, wobei man dem Ende R Fig. 183 des Hebels R S T jede Geschwindigkeit nach Willkühr geben kann, so kann man auch, indem man das Verhältniß der Längen der Arme S T und S R verändert, dem Ende T jede regelmäßige Geschwindigkeit nach Willkühr mittheilen. Wenn man einen gezahnten Bogen mit

einem der Arme S R oder S T verbindet und denselben auf Räder oder gezahnte Bogen anderer Hebel wirken läßt, so kann man die abwechselnd kreisförmige Bewegung auf alle Entfernungen und in allen Richtungen, die in einer Ebene, oder in verschiedenen Ebenen liegen, übertragen u. s. w, was alles keiner weitern Erläuterung bedarf, da die Verfahrungsarten, welche für diesen Zweck erheischt werden, bei der geradlinigen und kreisförmigen Fortpflanzung der Bewegung (Kap. I. §. I. und IV.) hinlänglich angegeben sind.

27) Jede abwechselnde kreisförmige Bewegung kann auf mehr als eine Weise eine abwechselnde geradlinige Bewegung gewähren (wie im vierten Kapitel §. III. angegeben worden ist); jedoch auf eine sehr anschauliche Weise geschieht dieses, wenn man an den Hebel T S R, z. B. an das Ende T, einen gezahnten Bogen setzt und denselben auf eine gezahnte Stange a b wirken läßt. Diese wird dann sammt dem mit ihr verbundenen Körper abwechselnd geradlinig bewegt werden, und diese hin- und hergehende Bewegung ist dann abgeleitet aus der anhaltend fortschreitenden Bewegung des Stabes A C. Dieses Mittel, welches in den vorhergehenden §. gehört, kann jedoch nicht zu den besondern unmittelbaren Mitteln gerechnet werden, indem eine abwechselnde kreisförmige Bewegung erst dazwischen tritt, um den verlangten Effect zu erreichen.

§. III.

Angabe der Mittel, um abwechselnde geradlinige Bewegungen durch kreisförmige Bewegungen zu erzeugen u. s. w.

28) Erstes Mittel. A. Excentrica. So wie man mit einer geradlinigen oder krummlinigen

schiefen Fläche eine geradlinige oder abwechselnde geradlinige Bewegung erzeugen kann, wenn die ursprüngliche Bewegung geradlinig ist (siehe den vorhergehenden §. I. und II.), eben so kann man einer runden Scheibe a b c Fig. 185 eine oder mehrere doppelte schiefe Flächen b B C D, a D E F, F G b und zwar geradlinige oder krummlinige geben, so daß, wenn die genannte Scheibe sich mit diesen schiefen Flächen um eine Welle A dreht, der Stab p q genöthigt ist, der Form der schiefen Flächen zu folgen und auf diese Weise sammt dem mit ihm verbundenen Körper P abwechselnd auf und nieder, oder hin und her von p nach q, und von q nach p zu gehen. Solche mechanische Stücke, welche sich um eine Welle außer ihrem Mittelpunkte umdrehen, oder welche einen krummlinigen Umfang a E F G b B C D haben, dessen Punkte nicht überall gleichweit außerhalb des Mittelpunktes der Bewegung A liegen, nennt man im Allgemeinen excentrische Stücke, Excentrica oder excentrische Scheiben. Es besteht eine unendlich große Verschiedenheit in der Form dieser excentrischen Stücke, welche abhängig ist von der Geschwindigkeit der Umdrehung und von der Geschwindigkeit, Richtung und Extension der abwechselnden geradlinigen Bewegung, die man hervorbringen will. Die vornehmsten Formen und Einrichtungen der excentrischen Stücke sollen hier kürzlich angegeben werden.

a) Es möge zuerst die Richtung der abwechselnden Bewegung in derselben Ebene stattfinden, in welcher die kreisförmige Bewegung vor sich geht, und es möge über dieses

I. Die Richtung PQ der abwechselnden Bewegung Fig. 186 noch die Bestimmung haben, durch den Mittelpunkt A zu

gehen, um welchen sich das Excentricum drehen soll. Es sey die Extension der Bewegung des Stabes P Q (oder des Theiles oder Körpers, der bewegt werden soll) gleich der Linie a b, und es sey bestimmt, daß diese Extension, während eines gewissen Theiles der Umdrehung der Welle A durchlaufen werden müsse: mit andern Worten, es möge sich der Körper oder der Stab von a nach b bewegen, während die Scheibe A B den Bogen a B durchläuft. Die Figur der schiefen Fläche, durch welche diese Bewegung von a nach b stattfinden soll, hängt vollkommen ab von dem Verhältnisse, welches zwischen den beiden Bewegungen a B und a b stattfinden soll. Wir wollen z. B. annehmen, daß die Scheibe A B sich regelmäßig umdrehe und daß der Raum a b vom Stabe P Q ebenfalls gleichförmig soll durchlaufen werden.

Um nun die Form der schiefen Fläche zu construiren, theile man den Bogen a B in eine gewisse Anzahl gleicher Theile und ziehe durch diese Theilpunkte die Halbmesser A 1 c, A 2 d, A 3 e u. s. w., man theile auch die Linie a b in dieselbe Zahl gleicher Theile, in welche der Bogen a B getheilt ist; man nehme auf dem ersten Radius den Theil 1 g gleich einem Theile von a b; auf dem zweiten Radius A d den Theil 2 h gleich zwei Theilen von a b; auf dem dritten Radius 3 i gleich drei Theilen von a b u. s. w., so wird die krumme Linie, welche man durch die Theilungspunkte a, g, h, i, k u. s. w. zieht, die Form der schiefen Fläche geben, welche den Stab regelmäßig fortbewegen wird, während die Welle A sich regelmäßig umdreht. Der Scheitelpunkt k dieser schiefen Fläche gelangt dann in den Punkt b zu gleicher Zeit mit dem Ende a des Stabes a b P.

Wenn man an die Fläche a B k eine andere m B k von gleicher Größe und Form setzt, so wird der Stab a b P längs dieser Fläche regelmäßig herabsteigen, während die Scheibe A B den zweiten Theil B m ihrer Umdrehung regelmäßig vollbringt, so daß man durch eine Aufeinanderfolge von schiefen Flächen a k m, m n o, o p a u. s. w. eine regelmäßige abwechselnde geradlinige Bewegung des Stabes a b durch eine regelmäßige Umdrehung der Welle A bekommt.

Wenn das Gesetz der Bewegung anders gestellt wäre, so daß der Stab a b keine regelmäßige Bewegung zu haben brauchte, sondern zu der einen Zeit geschwinder oder langsamer steigen oder sinken (oder hin- und hergehen) müßte, als zu einer andern Zeit, so wäre doch die Form der schiefen Fläche nach denselben Grundsätzen, welche oben erklärt sind, zu construiren; besondere Beispiele hierfür zu geben, würde eine nutzlose Ausführlichkeit seyn.

Um die Reibung zu vermindern, lasse man den Stab mit einem Röllchen R Fig. 185 auf der schiefen Fläche laufen; man muß dieses jedoch sowohl jetzt, als in der Folge bei der Construction der excentrischen Scheiben in Anschlag bringen. Für diesen Zweck wende man hier an, was in der Anmerkung zum Art. 26 (im §. II. dieses Kapitels) gesagt ist.

Sind die beiden Bewegungen regelmäßig, so wird (die Reibung nicht in Anschlag gebracht) der durch die bewegende Kraft zu überwindende Widerstand während der Bewegung immer derselbe seyn. Man beachte dieses ganz vorzüglich, denn obschon es scheinen mag, daß die Kraft weniger Vermögen anzuwenden braucht, wenn das Ende des Stabes in g ist, als wenn es sich in i befindet (weil der Hebelarm A g kürzer ist, als der Arm A i), so ist die-

ses nur eine Täuschung, da mit der Zunahme der Hebelarme auch die Abschrägung der Fläche a g h i k abnimmt und dadurch eben soviel Erleichterung in dem Emporführen der Last zuwege bringt, als durch die Vergrößerung des Hebelarmes Erschwerung entsteht. Auch könnte die Last nicht regelmäßig bewegt werden, wenn sie einen veränderlichen Widerstand darböte; denn dann müßte die Geschwindigkeit der Kraft ungleichförmig seyn, und dieses wird hier gar nicht angenommen.

Streng genommen muß sich jedoch der Widerstand der Last P jeden Augenblick verändern, wenn man die Reibung der schiefen Fläche mit in Rechnung bringt, da die Quantität dieser Reibung nicht auf allen Punkten der Berührung der Rolle mit der krummlinigen Fläche dieselbe ist. Aber weil die Reibung eine rollende ist und selten beträchtlich seyn wird, so ist es in der Praxis erlaubt, dieselbe hier zu vernachlässigen, und die Last + der Reibung, welche in der Mitte der Bewegung stattfindet, als einen unveränderlichen Widerstand zu betrachten. Die Berechnungen werden auch sehr complicirt, wenn man die Reibung, wie sie in jedem Augenblicke stattfindet, mit in Rechnung bringen will.

Ueber die Form der auf einander folgenden schiefen Flächen bemerke man, daß man die ein- und auswärts springenden Ecken des Excentricums, nämlich die Ecken k, m, n, o u. s. w., wo die geradlinige Bewegung der Richtung sich verändert, nicht zu scharf machen dürfe; man trage Sorge, diese Ecken durch sanfte Abrundungen zu ersetzen, damit auch die Uebergänge der Richtung der abwechselnden Bewegung so unmerklich wie möglich stattfinden.

Nach der in Fig. 186 gegebenen Zeichnung wird die Stange P b a durch eigne Schwere und durch

diejenige des Körpers P immer gegen die schiefen Seiten des Excentricums angedrückt, und es wird deshalb eben so leicht durch die eigne Schwere herabsteigen, als es die bewegende Kraft hinaufgeführt hat. Dieses findet jedoch nicht statt, wenn die Stellung oder die Wirkung von a b P so beschaffen ist, daß die eben genannte Neigung nicht vorhanden ist. In diesem Falle muß man die Einrichtung so machen, daß das Excentricum die Bewegung sowohl in dieser, als in jener Richtung erzeugen kann, und dazu kann man, je nach den Umständen, vier verschiedene Wege einschlagen:

1) Den Stab ab mit dem Körper P entweder durch eine Feder, oder durch ein Gegengewicht beständig gegen das Excentricum zu drücken, so daß er genöthigt ist, der Bewegung des Excentricums zu folgen;

2) das Excentricum in der halben Dicke auszukehlen Fig. 187 No. 1, so daß die Form der Auskehlung gleich ist der Form der schiefen Flächen, die blos erforderlich seyn würden, wenn die Stange p q beständig gegen das Excentricum angedrückt würde; die Stange muß alsdann das Excentricum mit einer Gabel umfassen, indem es innerhalb derselben an einem Nagel ein Röllchen R trägt, welches man bequem in die Auskehlung a b c d stellen kann. Wenn nun die Gabel das Excentricum umfaßt, und der Nagel des Röllchens an die Gabel befestigt wird, so wird die Stange immer durch die unteren und oberen Ränder der Auskehlung vorwärts oder zurückgeschoben werden, und also der Bewegung des Excentricums Folge leisten.

3) Man kann die Auskehlung vermeiden und dabei zugleich die Mittheilung der Bewegung viel sanfter eintreten lassen, wenn man den Stab p q Fig. 187 No. 2 mit einem geschlossenen Ring um

das Excentricum laufen läßt, und letzteres auf jeder Seite auf zwei Rollen wirken läßt, so daß der Stab durch das Excentricum zuerst an dieser Seite vorwärts, und dann auf jener rückwärts bewegt wird.

4) Endlich kann man die zweite Einrichtung umkehren und die Auskehlung an die Stange selbst bringen, während dann die Welle eine Scheibe S trägt Fig. 188 No. 1, mit welcher ein Stift oder eine Rolle R verbunden ist, welche in der Rinne G läuft. Diese Rinnen bekommen hier, um P Q eine regelmäßige Bewegung zu geben, eine andere Gestalt, als in dem oben erwähnten Falle; auch kann die Welle A nicht wohl durchlaufen, so daß S alsdann außerhalb der Unterstützungspunkte an der Welle A befestigt werden müßte.

Einen ähnlichen Effect bekommt man mit einer gebogenen Kurbel, deren Warze in einem offenen Schlitz des Querstückes A B Fig. 188 No. 2 wirksam und mit p q oder dem durchlaufenden Stabe p q r verbunden ist.

Man kann diese Einrichtungen im Kleinen sehr gut anwenden, wird jedoch der Widerstand, welcher abwechselnd bewegt oder verschoben werden muß, mehr als geringfügig, so gebe man einer der vorhergehenden Einrichtung den Vorzug.

Die Gestalten der excentrischen Stücke werden nicht allein verschieden, wenn man die Verhältnisse zwischen den Geschwindigkeiten der kreisförmigen und abwechselnden geradlinigen Bewegung anders setzt, sondern auch, wenn die letzte Bewegung während eines Umganges der Welle A mehr oder weniger Male stattfinden soll.

Obschon diese Figuren nichts Besonderes lehren, so ist es jedoch von Nutzen, die Form des Excentricums Fig. 189 zu beachten, welches den Stab p q einmal auf- und einmal niedergehen läßt, wäh-

rend die Welle A sich einmal umdreht. Für eine regelmäßige Bewegung des Stabes pq muß das Excentricum gebildet werden durch zwei gegen einander gestellte Spiralen abc und adc, welche auf diese Weise die Gestalt eines Herzens bilden und dem Stabe pq eine Extension der Bewegung geben, welche gleich ist der Länge ae, d. i. = der Längendifferenz der Radien Aa und Ac = ae.

Wenn man nun auf der Linie ac als Durchmesser einen Kreis beschreibt, so wird dieser Kreis an der einen Seite ein wenig außerhalb, und an der andern Seite ein wenig innerhalb der Spirale abcda fallen, so daß, wenn man statt des Spiralexcentricums einen excentrischen Kreis abcd Fig. 190 anwendete, der Stab pq dadurch eine abwechselnd geradlinige Bewegung bekommen müßte, die wenig von einer regelmäßigen abweicht. Da ein Kreis viel genauer und leichter construirt werden kann, als eine andere krumme Linie, so bedient man sich auch in solchen Fällen, wo es auf keine mathematisch regelmäßige Bewegung ankommt, des Kreisexcentricums, welches außer seinem Mittelpunkt an einer sich umdrehenden Welle sitzt. Die Extension der Bewegung des Stabes pq ist hier wiederum gleich der Länge ae, d. h. gleich der Differenz zwischen der größten Entfernung Aa und der kleinsten Entfernung Ac der Welle A von den Punkten a und c an den Enden des Durchmessers ac gelegen. Durch diese Bestimmung kann man leicht den Durchmesser des Kreisexcentricums finden, wenn die Extension der abwechselnden Bewegung gegeben ist; denn Ac darf nur so groß oder dick genommen werden, als die Stärke dies erfordert, und addirt man dann das Doppelte von Ac zur eben genannten Länge der Bewegung, so hat

man den Durchmesser ac des Excentricums.

Um das Excentricum mit Berücksichtigung der nöthigen Stärke so leicht als möglich zu machen, arbeitet man dasselbe nach Angabe von Fig. 190 aus, und wenn dasselbe dann noch immer eine nicht geringe Schwere besitzt und z. B. an der Seite der Welle A über der Linie MN viel schwerer wäre, als unterhalb dieser Linie, so äquilibrirt man diese Schwere auf die Weise, daß man ein wenig vor oder hinter dem Excentricum ein Gegengewicht an der Welle A anbringt.* Um dieses Gegengewicht auf die sicherste Weise genau zu bekommen, so ziehe man ein zweites Excentricum a'b'c'd' von gleicher Größe und Schwere mit dem ersten, doch anders herum gerichtet, wie in der Figur durch den punktirten Theil angegeben ist, auf die Welle.

So wie das Excentricum Fig. 190 eingerichtet ist, kann man es nicht anders benutzen, als wenn die Last oder der belastete Stab pq unaufhörlich gegen dasselbe angedrückt wird. Ist dieses nicht der Fall, so muß man dies durch eine Feder, ein Gegengewicht, oder durch eine kreisförmige Rinne (siehe oben) bewirken; aber die Gestalt eines Kreises gestattet es, diese Anforderung auf eine vollkommnere Weise zu erlangen. Man arbeite nämlich in die Dicke einer runden Scheibe eine Rinne, wie bei einer Seilrolle, jedoch nicht rund, sondern flach; in diese Rinne schließe man zwei halbrunde Bänder abc, def Fig. 191, welche bei a und c mit zwei Lappen an einander anliegen; durch ein Paar Augen in diesen Lappen bringe man die Enden C und D eines Bügels CBD, dessen Enden ein Schraubengewinde haben und durch ein Paar Schraubenmuttern m und n verhindert werden, aus den Augen der Lappen ad und cf zu gehen, indem durch

dieselben Muttern diese Lappen zugleich fest an einander geklemmt werden, so daß die Bänder abc und def vollkommen in der Rinne des Excentricums anschließen.

Der Bügel wird an eine Stange BE geschraubt, welche durch ein Gelenk E mit der Stange pq verbunden ist, die eine abwechselnde geradlinige Bewegung empfangen soll. Auf diese Weise muß sich natürlich das Exentricum in dem Ringe abce drehen und diesen Ring nöthigen, mit ihm um die Welle A zu schwingen, welches wiederum nicht geschehen kann, ohne daß der Bügel und die Stange BE mit hin und her geführt werden, und eben so auch die Stange pq. Aber da der Bügel CBD mit der Stange BE nicht allein in der Richtung Bb, sondern auch in der Richtung GH hin- und hergeht oder schwankt, so muß die Verbindung von BE mit pq durch ein Gelenk E geschehen, damit pq zwischen den Leitrollen LL allein eine abwechselnde geradlinige Bewegung empfange, und keinesweges durch die seitliche Schwankung des Bügels CBD aus ihrer geradlinigen Richtung gebracht werde. Um die Reibung des Excentricums am Ringe abcd zu vermindern, verfertige man denselben aus Kupfer, wenn das Excentricum aus Eisen besteht. Schließt der Ring im geringerm Grade in Folge der stattfindenden Abnutzung der auf einander gleitenden Oberflächen, so braucht man nur die Schraubenmuttern m und n etwas anzuziehen, um ihn meistentheils in ausreichendem Grade wieder herzustellen.

Die beschriebene Einrichtung des Kreisexcentricums, oder der excentrischen Scheibe wird sehr mannichfaltig angewendet, um abwechselnde hin- und her-, oder auf- und niedergehende Bewegungen herzustellen, denn die Uebergänge der Richtungen der Bewegung sind bei der excentrischen

Scheibe sehr sanft und unmerklich. Dieses Mittel ist in dieser Hinsicht zweckmäßiger als die Kurbeln, worüber in Art. 29 gesprochen wurde, aber durch Kurbeln kann man auch umgekehrt die abwechselnd geradlinige Bewegung in eine kreisförmige Bewegung umwandeln, was mit einem Kreisexcentricum nicht wohl möglich ist.

II. Wenn die Richtung der abwechselnden geradlinigen Bewegung außerhalb des Mittelpunktes der Welle der kreisförmigen Bewegung liegt, so jedoch, daß der Abstand zwischen dieser Richtung und der genannten Welle klein ist, so läßt sich die verlangte Bewegung herstellen durch die unmittelbare Wirkung von excentrischen Scheiben auf die Stange oder den Körper, der abwechselnd geradlinig bewegt werden soll, allein es muß dann die Form des Excentricums verändert werden, ausgenommen in dem Falle, daß man ein Kreisexcentricum anwenden will, wodurch man ziemlich genau eine regelmäßige Bewegung bekommt. Denn es ist klar, daß man in diesem Falle mit der Stange pq Fig. 192 (deren Bewegungsrichtung außerhalb des Mittelpunktes der Welle A liegt) nur einen Bügel BCD zu verbinden braucht, der auf beiden Seiten den excentrischen Kreis E umgiebt (und den man in Fall der Noth mit einer Kehle versehen kann), und eine solche Extension besitzt, daß das Excentricum sich ohne Hinderniß in demselben drehen kann. Alsdann wird dieser Bügel durch die Wirkung des Excentricums der Welle A mehr genähert, als von derselben entfernt werden, und die Stange pq wird auch hin- und hergehen.

Auch in andern Fällen, in denen es auf keine genaue regelmäßige geradlinige Bewegung ankommt, kann man eins der oben beschriebenen Excentrica

anwenden; soll aber die Bewegung regelmäßig und leicht von Statten gehen, so müssen die krummlinigen schiefen Flächen anders construirt werden, als dieses oben Fig. 186 angegeben ist.

Es sey ab Fig. 193 die Richtung der abwechselnden geradlinigen Bewegung; A sey die Welle der kreisförmigen Bewegung; alsdann werden die krummlinigen Flächen für die Hin- und Herbewegung des Stabes pq auf diese Weise construirt: es sey ab der Raum, den der Körper abwechselnd durchlaufen soll, in der Zeit, während die Welle A einen Theil ihrer Umdrehung vollendet, welcher gleich ist dem doppelten Winkel gAa, d. h. gleich dem Winkel gAa + dem Winkel aAh. Man beschreibe aus A einen Kreis, welcher die Linie ab in a berührt; man theile die Linie ab sowohl als die beiden Bogen ag und ah in dieselbe Zahl gleicher Theile und ziehe durch alle Theilpunkte an den Umfang Tangenten; man nehme die erste Tangente em = 1 Theil von ab; die zweite Tangente dn = 2 Theile von ab u. s. w. bis zur Tangente ab endlich, welche ab selbst gleich ist; alsdann wird die krumme Linie mno, ... b die Form des einen Theiles der schiefen Fläche seyn; der andere Theil brstuh wird auf dieselbe Weise construirt, bekommt aber eine ganz andere Form, als der Theil mno . . . b, woran die excentrische Richtung der abwechselnden Bewegung schuld ist.

Obgleich diese beiden construirten schiefen Flächen dem Stabe pq eine regelmäßige Bewegung geben, so unterstützen sie denselben nicht auf dieselbe Weise in jedem Stande des Excentricums; besonders ist dieses der Fall hinsichtlich der steilen schiefen Fläche brstuh. Wenn Körper steigen oder sich hin- und herbewegen sollen, die eine beträchtliche Schwere haben, so ist es jedoch für die Sanftheit

der Bewegung und für die Verminderung der Reibung des Körpers (sowohl an der schiefen Fläche, als an den Leitrollen oder Führungen, zwischen welche derselbe bewegt wird) von großem Belang, daß die schiefe Fläche den Körper so viel wie möglich in der Richtung seiner Bewegung vorwärts treibe oder unterstütze; für diesen Zweck muß der Winkel zwischen der Richtung der Bewegung und der Richtung der schiefen Fläche immer unveränderlich seyn, und zwar ein unveränderlicher rechter Winkel.

Um dieser Bedingung zu entsprechen, muß die schiefe Fläche die Form einer Kreisevolute DC Fig. 194 bekommen. In diesem besondern Falle wird man auch immer finden, daß, wenn BC die Höhe oder Extension der Bewegung des Körpers ist, alsdann die Länge des durchlaufenen Bogens BD dieser Höhe gleich seyn müsse, oder mit andern Worten, der Umfang des Kreises AB, von welchem die Richtung BC eine Tangente ist, wird dieselbe Geschwindigkeit haben, wie der Körper, welcher abwechselnd bewegt wird.

Nach dem, was in der ersten Abtheilung dieses Theiles abgehandelt worden ist, wird es für den Leser keine Schwierigkeit haben, eine Kreisevolute zu beschreiben, worauf man indessen hier Rücksicht zu nehmen hat, das besteht darin, daß man den Bogen BD im voraus von derselben Länge nehmen müsse, wie die Linie BC, was man immer mit hinlänglicher Genauigkeit bewerkstelligen kann, indem man sehr kleine Theile der Linie BC auf den Bogen BD nachher überträgt; alsdann wickele man den Bogen BD ab, wo dann DC die Form der schiefen Fläche seyn wird, mit welcher der Körper z. B. von B nach C regelmäßig und immer senkrecht nach oben, oder gerade in derselben Richtung der Bewegung geführt wird.

Man kann jedoch auf der andern Seite keine schiefe Fläche construiren, welche auf dieselbe Weise dem Körper wieder Gelegenheit giebt, zurückzukehren, sondern man muß dazu wiederum eine steile schiefe Fläche CabE anwenden, die so construirt ist, wie die schiefe Fläche brstu Fig. 193. Gleichwohl hat man in den meisten vorkommenden Fällen, in welchen man einem Körper eine abwechselnde Bewegung mittheilen will, die neben dem Mittelpunkt der umdrehenden Welle gerichtet ist, fast immer nur eine schiefe Fläche DC Fig. 194 nöthig, so daß die andere alsdann wegfällt. Auch hat man es in der Praxis meistentheils in der Gewalt, die Welle A in einen solchen Abstand von der Richtung BC zu bringen, daß der Umfang AB dieselbe Geschwindigkeit bekommt, als der Körper, welcher abwechselnd bewegt werden soll, und darum kann man den schiefen Flächen auch meistentheils die Form einer Kreisevolute geben, welche die richtige nicht ist, wenn die Entfernung AB so genommen werden muß, daß die Länge des durchlaufenen Bogens BD nicht gleich seyn kann der Länge des Weges BC der abwechselnden Bewegung.

Endlich muß hier noch erwähnt werden, daß man die Excentrica Fig. 185 bis 190 auch für den gegenwärtigen Fall anwenden kann, wenn die Richtung der abwechselnden Bewegung sehr nahe an der Welle liegt; denn dann verbinde man den Körper ik Fig. 189 durch einen Steg gh mit dem Stabe pq, der nach dem Mittelpunkte der Welle A gerichtet ist. Dieser Stab empfängt dann durch das Excentricum eine regelmäßige Bewegung und bewegt also auch den Körper ik regelmäßig mit sich.

b) Wenn die Richtungen der kreisförmigen und der abwechselnden geradlinigen Bewegungen in verschiedenen Ebenen liegen, so bekommen die Ex-

centrica, durch welche man die letztgenannte Bewegung herstellen will, eine konische oder eine cylindrische Form. Es sey AB Fig. 195 eine Welle; pq ein Stab, welcher oben, unten oder neben dieser Welle abwechselnd in der Richtung pq bewegt werden soll, welche einen Winkel mit der Welle AB macht. Vorausgesetzt, daß die verlängerte Richtung pq und der Durchmesser der Welle AB einander in A schneiden (ist dieses nicht der Fall, so muß nach dem, was sogleich angegeben werden soll, ein Hebel zwischen beide kommen), so ist es dann klar, daß während der Umdrehung der Welle AB der Stab pq nachher übereinstimmen muß mit der anstehenden Seite einer geraden kreisförmigen Kegelfläche, die AB zur Welle, und Apq zur anstehenden Seite hat; wenn man deshalb an die Axe oder Welle AB ein Rad oder eine Krone setzt, deren äußerste Oberfläche CDEF ein Theil der eben genannten Kegelfläche ist, und deren Rand CGD krummlinig und wellenförmig gemacht ist, so muß der Stab pq, welcher sich gegen diesen Rand stützt, offenbar genöthigt seyn, der Form CGD zu folgen, wenn sich die Welle AB umdreht; der Stab pq muß also dem zufolge an den vortretenden und einspringenden Theilen des krummlinigen Randes ruhen und also hin- und herbewegt werden.

Wenn man erst die Kegelfläche hat, oder die Krone CDEF, so ist es sehr leicht, die wellenförmige Gestalt des Randes so zu construiren, daß die Bewegung regelmäßig ist. Man muß für diesen Zweck kennen:

1) Die Extension der abwechselnden geradlinigen Bewegung; dieser Extension wird die Höhe der vortretenden Theile des Randes gleich;

2) wie viel mal die abwechselnde Bewegung während einer Umdrehung der

Welle AB stattfinden soll; soll sie z. B. dreimal stattfinden, so muß das konische Excentricum auch drei vorragende krummlinige Ränder bekommen.

Ist dieses alles nun bekannt, so wird die Construction der Form der Ränder auf der konischen Oberfläche der Krone keine Schwierigkeit verursachen, zum wenigsten wird es unnöthig seyn, hierfür eine Vorschrift zu geben, weil die Constructionen auf dieselbe Weise ins Werk gesetzt werden müssen, als diejenigen der Excentrica Fig. 186, 193 und 194.

Um das Excentricum so leicht zu machen als möglich ist, kann man den Rand so weit auskehlen, oder ausarbeiten, als die Art des Stoffes und die Stärke des Excentricums es gestatten. Dadurch bekommt es eine Gestalt Fig. 195, die mit einer Krone die meiste Aehnlichkeit hat.

Man behindere den Raum, um das Excentricum so auf die Welle A B zu setzen, daß der Stab pq gerade in der verlängerten Richtung einer anstehenden Seite der konischen Oberfläche liegt, so wird man dennoch die verlangte Bewegung bekommen, wenn man den Rand des Excentricums ausbreitet Fig. 196, so daß der Stab pq mit demselben in Berührung kommen kann.

Wenn die Richtung der abwechselnden Bewegung der Welle der kreisförmigen Bewegung parallel läuft, wie es in Fig. 197 der Fall ist, so wird das Excentricum nicht kegelförmig, sondern cylinderförmig, und für die iregelmäßige Bewegung wird dann die krummlinige Form der Ränder mit einer auf diesem Cylinder ausgeschnittenen Schraubenlinie übereinstimmen, denn man weiß, daß diese Linie erlangt wird durch die regelmäßig fortschreitende Bewegung eines Punktes auf der Oberfläche eines Cylinders, welcher sich zu gleicher Zeit regelmäßig umdrrht.

Statt den Stab p q sich mit einem Röllchen längs dem Rande des Excentricums bewegen zu lassen, kann man dazu einen Haken, Fig. 198, oder eine Gabel Fig. 199 anwenden, es wird jedoch alsdann eine Vermehrung im Widerstande der Reibung stattfinden. Hat der Stab wegen seiner Stellung keine Neigung, beständig gegen den Rand des Excentricums angedrückt zu bleiben, oder findet die Neigung gerade entgegengesetzt statt, so kann man dieses Andrücken durch eine Feder, oder durch ein Gegenwicht bewerkstelligen; doch ist es alsdann besser, in die Oberfläche des Excentricums eine Rinne Fig. 200 zu stemmen, welche dieselbe krummlinige Form hat, die man sonst dem äußern Rande geben muß. Wenn dann der Stab mit einem Haken oder lieber mit einem Querröllchen versehen ist, und dieser Haken oder dieses Röllchen in die genannte Rinne gestellt wird, so wird es mit dem Stab durch den obern und den untern Rand dieser Rinne abwechselnd geradlinig bewegt werden, ohne daß dann ein Andrücken des Stabes gegen das Excentricum erforderlich ist.

Denselben Zweck erreicht man, wenn man statt einer Rinne einen vortretenden Rand Fig. 201, der die erforderliche krummlinige Form hat, um die konische Oberfläche des Excentricums legt, und den Stab durch eine Gabel mit diesem Rande in Verbindung bringt.

Unter allen Formen excentrischer Stücke sind die cylindrischen, welche einen Körper der Axe der kreisförmigen Bewegung parallel hin- und hergehen lassen, die vornehmsten. Wenn die Zahl der Hin- und Herbewegungen bei jedem Umgange der Welle der Bewegung mehr als zwei ist, so haben sie im Allgemeinen die Form, welche in Fig. 197 angegeben ist; doch für zwei und weniger auf- und nieder-,

oder hin- und hergehende Bewegungen, während sich die gedachte Welle nur ein einziges Mal umdreht, bekommen sie besondere Formen, welche man kennen muß.

Wenn der Stab einmal auf- und einmal nieder-, oder hin- und hergehen soll, während die Welle eine Umdrehung vollendet, so bekommt das cylindrische Excentricum die Form einer gebogenen Oberfläche Fig. 202, die aus der Verbindung von zwei halben Schraubenflächen a b c, c d a besteht. Man kann auch eine einzelne Scheibe Fig. 203 von schraubenförmiger Gestalt nehmen, statt der Art von abgestumpftem Cylinder Fig. 202.

Soll der Stab sich einmal hin- und herbewegen, während die Welle zweimal umläuft, so muß sie von A nach B Fig. 204 in eine schraubenförmige Rinne geleitet werden, die gerade einen Umgang um den Cylinder macht, und von B nach A wird der Stab wieder längs einer ähnlichen Rinne, gleich einem in den Cylinder gedrehten Schraubengange von oben nach unten gebracht, und deshalb kreuzen sich beide Rinnen in der halben Höhe des Ganges A B.

Soll die Welle mehr als zwei Umgänge auf eine Hin- und Herbewegung des Stabes vollbringen, so müssen auf den Cylinder Fig. 205 mehr Schraubengewinde geschnitten werden, welche durch eben so viele Gewinde, in denen der Stab zurückgeführt wird, gekreuzt werden.

Da es schwierig ist, eine Schraubenfläche wie die Figg. 202 und 203 darstellen, zu verfertigen, so mag man lieber in einen Cylinder Fig. 206 zwei halbe schraubenförmige Rinnen schneiden, in welche der Stab mit einem Haken oder Röllchen gestellt wird; oder man kann um einen Cylinder Fig. 207 einen vortretenden Rand legen, welcher aus der

Vereinigung von zwei halben Schraubengewinden besteht und in eine Gabel der Stange eingreift. Mann kann diesen Rand auch in die Rinne eines Cylinders C auf einer Welle A eingreifen lassen, welche außer einer umdrehenden auch noch eine sanft hin- und hergehende Bewegung haben muß.

Dieses kommt unter andern vor in einigen Spinnmaschinen beim Aufwinden von Fäden um eine Spule DE, denn der Faden muß natürlich über die ganze Länge der Spule und nicht auf einem einzigen Theile derselben bei E aufgewickelt werden. Während des Drehens muß dann die Spule regelmäßig und sanft von D nach E und von E nach D u. s. w. bewegt werden. Beim Schleifen der kleinen Krämpelhäkchen der Wolle- oder Baumwolle-Krämpelmaschinen (manchmal auch Streichmaschinen oder Kratzmaschinen genannt) giebt man dem cylindrischen Schleifstein auch auf dieselbe Weise eine sanft hin- und hergehende Bewegung, um diese Häkchen nicht immer auf derselben Stelle des Steines zu schleifen, wodurch das Schleifen unregelmäßig von Statten gehen würde. Noch in mehrern andern Fällen ist dieses Excentricum von großem Nutzen.

Wenn die hin- und hergehenden Bewegungen keine große Extension haben, kann man, ohne daß die Bewegung sehr von der regelmäßigen abzuweichen braucht, die Schraubenflächen Fig. 202 und 203 durch ebene Flächen A B Fig. 208 und 209 (die unter einem gewissen Winkel mit einer Welle verbunden sind) ersetzen; oder statt einer schraubenförmigen Rinne Fig. 206, oder eines schraubenförmigen halb erhabenen Gewindes Fig. 207 eine flache Rinne Fig. 210 und einen platten oder flachen Rand Fig. 211 anwenden. Die Umfänge von Rinne und

Rand Fig. 210 und 211 werden dann keine Schraubenlinie, sondern Ellipsen.

c) Um die Bewegung auf mäßige Entfernung fortzupflanzen, braucht man keine besondere Einrichtung, wenn die verlängerte Richtung der abwechselnden geradlinigen Bewegung durch den Mittelpunkt der umlaufenden Welle oder nicht weit neben demselben fällt; denn man braucht für diesen Zweck dem Stabe, mit welchem der Körper, der bewegt werden soll, verbunden ist, nur die nöthige Länge zu geben. Läuft aber die Richtung der hin- und hergehenden Bewegung weit außerhalb der Mitte der genannten Welle, so muß die Fortpflanzung durch Vermittlung von Hebeln oder Kniestücken bewerkstelligt werden, mit denen man dann immer im Stande ist, die Geschwindigkeit der abwechselnden Bewegung zu verändern, ohne größere Excentrica anzuwenden.

Fig. 212 stellt eine Einrichtung dar, durch welche der Körper L mittelst der Leitrolle M und des gebogenen Hebels R B C eine abwechselnde geradlinige Bewegung bekommt, während die Welle A sich umdreht, und der Arm B C durch das Excentricum E abwechselnd kreisförmig bewegt wird. Soll die Bewegung des Körpers L gleichförmig seyn, so muß auch die abwechselnde kreisförmige Bewegung des Armes B R des Hebels gleichförmig seyn; das Excentricum muß für diesen Zweck eine besondere krummlinige Form bekommen, für welche die Construction im Allgemeinen folgende ist:

Es sey S Fig. 213 der Drehpunkt des Hebels und S C der Arm, welcher durch das Excentricum regelmäßig bewegt werden soll; A C sey der Halbmesser der Scheibe, auf welche die krummlinigen schiefen Flächen gebracht werden sollen, und der Anfang der Bewegung des Hebelarmes möge also bei

C beginnen. Wenn C D und C F die Bogen sind, welche durch die Scheibe A E und durch das Ende C des Hebels gleichzeitig beschrieben werden sollen, so theile man diese beiden in dieselbe Anzahl gleicher Theile; man ziehe aus dem Mittelpunkte A nach den Theilpunkten a, b u. s. w. die Linien A a, A b u. s. w., welche den Umfang E C in den Punkten e, f u. s. w. schneiden; man nehme vom Punkte D den Bogen D g = dem Bogen C e (welcher zwischen dem Punkte C und dem Schneidungspunkte e der äußersten Linie A F liegt) und ziehe die Linie A g m; man nehme vom ersten Theilpunkte 1 den Bogen r h = dem Bogen C f (welcher zwischen C und dem Schneidungspunkte f der zweiten Linie A c mit dem Umfange A C liegt) und ziehe die Linie A h k; man construire auf dieselbe Weise die Linien A i l, A v u. s. w.; man mache A m = A F, A k = A d, A l = A c, A v = A b u. s. w. und ziehe durch die erlangten Punkte eine krumme Linie C v l k m, welche die krummlinige Form für den ersten Theil des Excentricums geben wird. Um den zweiten Theil m n o p E zu finden, welcher dem Punkte F eine regelmäßige Bewegung im Bogen F C geben soll, während die Scheibe A C den Bogen D E beschreibt, so gehe man auf dieselbe Weise zu Werke wie oben; jedoch um die verschiedenen Halbmesser A n, A o u. s. w. zu bekommen (die = A d, A c u. s. w. genommen werden müssen), nehme man nun nicht den ersten Theilpunkt E, sondern den vorletzten q, r u. s. w.; man mache den Bogen q t = dem Bogen C f u. s. w. so werden die Halbmesser A t n u. s. w. gefunden. Die Form m n o p E dieses zweiten Theiles des Excentricums wird im Allgemeinen von der Form m k l v C des ersten Theiles verschieden seyn.

Fig. 214, 215, 216 und 217 stellen dasselbe dar, wie Fig. 212, jedoch mit einigen Modificationen der Form der Excentrica u. s. w. Fig. 218, 219 und 220 stellen zwar keine eigentlichen Excentrica dar, welche auf die Enden von Hebeln wirken, aber der Effect dieser Mechanismen ist vollkommen derselbe, denn die Theile sind nur umgekehrt, oder sie haben ihren Ort verwechselt; die Enden der Hebel nämlich sind krummlinig und werden in Fig. 218 und 219 durch eine Feder V, in Fig. 220 durch die Schwere der Last L gegen die Arme oder Speichen S, S u. s. w. angedrückt. Diese Arme oder Speichen sind in Fig. 218 und 220 mit Rollen versehen, um die Reibung zu vermindern; diese Rollen sind sonst an die Enden der Hebel gebracht. So wie man den Tritt einer Drehbank u. s. w. mit dem Fuße bewegt, so kann man diese Bewegung mechanisch hervorbringen durch eine ununterbrochene kreisförmige Bewegung auf die Weise wie in Fig. 219 dargestellt ist.

Wenn man Fig. 221 an eine Welle A B ein Excentricum befestigt und dasselbe auf das Ende D eines Hebels D C wirken läßt, so wird man die kreisförmige Bewegung rechtwinklig (und also in eine andere Ebene) fortgepflanzt und umgewandelt haben in eine abwechselnde geradlinige Bewegung des Körpers L.

Auf dieselbe Weise kann man mit konischen und cylindrischen excentrischen Stücken die Bewegung auf einige Entfernung durch Vermittlung von Hebeln in eine andere Ebene fortpflanzen; und es ist nach der oben gegebenen Vorschrift gar nicht schwierig, die Form der krummlinigen Ränder so zu construiren, daß die abwechselnd kreisförmige Bewegung der Hebel regelmäßig werde.

Fig. 222 stellt ein cylindrisches Excentricum dar, welches mittelst eines Hebels A B den Kolben einer Pumpe bewegt. Man kann auf diese Weise eine Menge Pumpen, welche rund um die Welle des Excentricums angebracht sind, regelmäßig in Thätigkeit erhalten, und auf diese Weise wird bei der Veränderung der Richtung der Bewegung des Kolbens wenig oder beinahe gar keine Kraft verloren werden, indem die sanft abgerundete Form des excentrischen Randes die Bewegungsrichtung der verschiedenen Hebel unmerklich verändert. Damit bei dieser Einrichtung die Last immer dieselbe sey, muß die Zahl der Pumpen gleich seyn, d. h. es muß immer eine gewisse Anzahl von Kolben steigen und fallen.

Man kann auch, was hier verlangt wird, immer bewirken, wenn man die kreisförmige Bewegung mit Stirnrädern oder Kegelrädern und mit Wellen für die gegebenen Entfernungen auf eine andere kreisförmige Bewegung fortpflanzt, welche in derselben Ebene stattfindet, wo die abwechselnde geradlinige Bewegung vor sich gehen soll. Aus dieser letzten kreisförmigen Bewegung leitet man alsdann die abwechselnde Bewegung durch die bereits angegebenen Mittel ohne alle Schwierigkeit ab. Dieses Verfahren wird häufig vor andern Methoden den Vorzug haben.

d) Nichts ist leichter, als die abwechselnde geradlinige Bewegung mit Zwischenräumen herzustellen. Für diesen Zweck muß der Körper L Fig. 223, während er ruhen soll, in der Höhe, in welcher er sich befindet, unterstützt werden, während unterdessen die umdrehende Bewegung fortdauert. Der Theil B C des Excentricums wird folglich ein Kreisbogen, aus dem Mittelpunkte A beschrieben. Bei Anwendung des in der Figur beschriebenen Excentricums wird der Körper viermal während jeder Umdrehung der Welle A stillstehen, denn es ist leicht begreiflich, daß allein Be-

wegung stattfinden könne, während die Welle die Umdrehungswinkel a A b, c A d, e A f, g A h beschreibt und daß zwischen diesen Bewegungen vier Zwischenräume b c, d e, f g, h a eintreten müssen. Auf andere Formen excentrischer Stücke, sowohl auf ebene, konische als cylindrische, ist dieses gleich gut anwendbar.

Die Bewegung findet auch mit Zwischenräumen statt, wenn der Körper, nachdem er zuvor durch die excentrische Kante c b Fig. 224 durch den Raum a b gehoben oder bewegt worden ist, nun durch eigne Schwere wieder herabsteigt, während die umlaufende Welle A mit der Scheibe A a den Bogen a d oder einen größern Raum beschreibt. Es sollten eigentlich keine Zwischenräume bestehen, wenn das Herabsinken eben vollendet worden, während der Bogen a d von der Scheibe durchlaufen worden ist, denn alsdann würde der Stab gleich darauf wieder gehoben werden; aber in der Praxis besteht immer ein kleiner Zeitraum der Ruhe zwischen den beiden abwechselnden Bewegungen; und wenn auch dieses nicht so wäre, so würde doch der Effect mit Zwischenräumen eintreten, da allein Widerstand zu überwinden ist bei der Bewegung des Stabes in der einen Richtung, nicht der geringste aber bei der Rückkehr desselben in der entgegengesetzten Richtung.

Dergleichen abwechselnde Bewegungen mit Zwischenräumen finden unter andern statt bei dem Heben der Stampfen oder Schießer in allen Arten von Stampfmaschinen, wie z. B. in Oelmühlen, Pulvermühlen, Lohmühlen u. s. w. Es ist hier der schickliche Ort, die Art und Weise, wie die Bewegung in solchen Stampfwerken erzeugt wird, näher zu erwähnen und zu betrachten.

In den meisten Stampfwerken sind die Stampfen oder die sogenannten Schießer eichne oder birkne Balken von einer Länge und Dicke, welche

sich nach den besondern Umständen richtet. Unten sind kugelförmige oder birnförmige eiserne oder metallene Stücke an die Schießer angesetzt, womit die zu zerkleinernden Substanzen zerstampft werden. Die genannten Stücke kommen noch unter andern Formen vor, je nachdem die zu verrichtende Arbeit dieses erheischt; doch die Arbeit, welche die Stampfen oder Schießer zu verrichten haben, trägt hier wenig zur Sache bei, da nur die Art und Weise, wie dieselben gehoben werden, zu erklären ist.

Die Schießer, mag die Zahl derselben nun groß oder klein seyn, sind immer zwischen horizontalen Riegeln oder Balken A B Fig. 225 No. 1 und 2 eingeschlossen (No. 2 ist der Durchschnitt von No. 1), damit sie ganz gerade in die Höhe gehoben werden. Andere Stücke F, welche mit Schließen zwischen die horizontalen Führungen A B geklemmt sind, verhindern das seitliche Ausweichen der Schießer zwischen den genannten Querriegeln, so daß sie also auf allen vier Seiten von Leitstücken eingeschlossen sind und also nothwendig eine verticale Bewegung haben, wenn sie gehoben werden. Die genannten Führungen berühren jedoch die Schießer nicht, sondern diese können eine freie Bewegung haben.

In die Schießer sind Querstücke V eingesetzt; diese Stücke heißen Hebelatten. Vor den Schießern bewegt sich eine horizontale Welle W, welche durch die Kegelräder C, D ihre Bewegung empfängt; diese Welle ist mit Ansätzen E, E, E sogenannten Daumen oder Hebeköpfen versehen, welche während des Drehens die Hebelatten V der Schießer ergreifen und diese heben. Dabei reiben sich die Hebeköpfe E an den Hebelatten V, und wenn letztere bis nach V gehoben ist, so wird das Ende des Daumens E in a seyn; einen Augenblick nachher wird der Daumen die Hebelatte verlassen, letz-

tere ist alsdann frei, und der Schießer fällt auf die zu zerkleinernden oder zu zerquetschenden Substanzen und verrichtet auf diese Weise seine Arbeit. Unterdessen bewegt sich die Welle fortwährend, und wenn der Schießer seine Wirkung durch den Stoß gethan hat, wird er an der Hebelatte V durch den folgenden Daumen E' wieder gehoben u. s. w., so daß die kreisförmige Bewegung der Welle eine abwechselnde geradlinige Bewegung des Schießers oder der Schießer erzeugt, und die Mittheilung der Bewegung durch die Welle mit Zwischenräumen der Ruhe erfolgt.

Obschon es nun einem Laien so scheinen kann, als ob diese Art, die Bewegung mitzutheilen, nicht unter den oben angegebenen Mitteln vorkomme, so ist dieses dennoch blos scheinbar; denn man denke sich Fig. 226 einen Körper pq, welcher abwechselnd oder mit Zwischenräumen der Ruhe gehoben werden soll durch die umdrehende Bewegung einer Welle A, außer deren Mittelpunkt die Richtung pq der abwechselnden Bewegung liegt. Dem Fall entsprechend, welcher in Fig. 193 dargestellt ist, muß man an die Welle A eine excentrische Scheibe bringen, oder lieber den Theil eines Excentricums ab, welches die Form einer Kreisevolute besitzt, während nach Fig. 224 dieses Excentricum keine krummlinige Gegenseite bekommt, sondern vom äußersten Punkte a bis zur Welle A (welche hier an die Stelle der Scheibe Aa von Fig. 224 tritt) geradlinig zuläuft, weil der Stab pq allein durch die Seite ab gehoben und gar nicht durch die Gegenseite ac unterstützt werden muß, wenn er niederfällt. Ersetzt man nun den krummlinigen Arm cab durch einen geradlinigen, oder durch einen geraden Hebekopf, und hebt man den Stab pq nicht unmittelbar von

unten, sondern mittelst einer an demselben angebrachten Hebelatte, so hat man den Fall von Fig. 225, wobei deshalb nicht die Art der Fortpflanzung der Bewegung, sondern nur die Form der Stücke von der oben angegebenen verschieden ist. Auch glaube man nicht, daß immer eine Scheibe erforderlich sey, auf welcher die excentrischen Stücke so zu sagen, angebracht sind (siehe Fig. 186); denn dieses ist nur angenommen worden, um die Vorstellung der Sache zu erleichtern. Diese Scheibe kann die Welle selbst seyn, in welcher die excentrischen Stücke wie Hebeköpfe befestigt sind, während dieselbe Welle natürlich mit mehr als einem Excentricum an verschiedenen Punkten besetzt seyn kann, um viele Körper zugleich, oder nach einander zu bewegen.

Die Art und Weise, die Schießer zu heben, welche Fig. 225 dargestellt ist, besitzt ihre bedeutenden Mängel in der Form der Daumen und in der Anbringung der Hebelatten, denn aus den vorhergehenden Betrachtungen hat sich ergeben, daß die wirkenden Kanten der Daumen krummlinig seyn müssen, Fig. 227 No. 1, und zwar, daß sie die Form einer Kreisevolute haben müssen, deren Grundkreis AD, aus der Mitte A der Welle construirt ist, und zu welchem die Richtung BC der Bewegung vom Ende der Hebelatte an die Tangente giebt. Wenn man den Hebeköpfen die erwähnte Form giebt, so müssen sie auf die Hebelatten regelmäßig und ohne die Reibung wirken, welche man bei geradlinigen Hebeköpfen wahrnimmt. Auch wird nun der Hebelarm für das Heben während der ganzen Bewegung unveränderlich derselbe bleiben, während er sich beständig verändert, wenn die Hebeköpfe geradlinig sind. Wenigstens ist dieser Hebelarm Fig. 225 No. 2 zu Anfang der Bewegung = ER und zu Ende der Bewegung = bR, da der Hebekopf hier

immer mit seinem Ende oder seiner äußersten Kante auf die Hebelatte wirkt, was bei den Hebeköpfen Fig. 227 keinesweges der Fall ist, die dem Schießer eine regelmäßige Bewegung geben und, denselben mit den verschiedenen Punkten der krummlinigen Seite nach einander berührend, ihn beständig in derselben senkrechten Linie BC heben.

Sodann wird der Schießer bei der gewöhnlichen Weise außer der Richtung seiner vertikalen Bewegung bc aufgehoben, oder die Hebeköpfe wirken vielmehr auf die Enden der Hebelatten C und deshalb außerhalb der Richtung der senkrechten Linie bc, welche durch den Schwerpunkt des Schießers läuft. Deshalb wird der Schießer immer mehr oder weniger hinten überzuschlagen streben, und da er bestimmt ist, zwischen den Leitungsstücken sich fortwährend zu bewegen, stark an den zwei gegenüberstehenden Leitungsbalken L und M sich reiben. Man beugt diesem zwar einigermaßen dadurch vor, daß man die Hebelatten so hoch wie möglich über die Schwerpunkte der Schießer bringt, aber es besteht noch immer eine viel größere Reibung, als wenn man die Hebelatten so anbringt Fig. 229, daß das Aufheben gerade in der Richtung der Bewegung des Schießers erfolgt. Man erlangt dieses, indem man den Schießer mit einem Schlitz Fig. 229 Nr. 2 und 3 versieht, in welchem der Hebedaumen bewegt wird, und nachher den Schießer an dem unteren Ende dieses Schlitzes hebt; eine besondere Hebelatte ist dann unnöthig.

Manchmal schlägt man auch Fig. 232 Nr. 1 und 2 quer durch den Schießer eine eiserne Hebelatte V, welche auf jeder Seite von Daumen SS Fig. 232 Nr. 3 ergriffen wird. Man hat alsdann zwar doppelte Daumen nöthig, aber das Heben geschieht dagegen mit der größten Regelmäßigkeit; der

Schießer bleibt dann ganz und wird durch keine Schlitze in seiner Stärke geschwächt. Man kann auch auf diese Weise die Hebelatte nach Erforderniß der Umstände sehr leicht höher oder tiefer stellen, indem man nur durch den Schießer einige Löcher a, b u. s. w. unter einander aussstemmt, in welchen man die Hebelatte V befestigen kann.

Um das Heben noch fernerweit zu erleichtern, muß man

1) die oberen und unteren Leitungsbalken so weit wie möglich von einander bringen und an denselben Rollen befestigen, um die Reibung der Schießer an diesen Leitungsstücken zu vermindern, oder ein starkes Schleifen zu verhindern. Da dieses jedoch Schwierigkeit machen kann, so bringe man an oder in die Leitungsstücke metallene oder bokholzene Nüsse n Fig. 232 Nr. 1, an welchen die Schießer natürlich mit weniger Reibung gleiten, als an den ebenen Seiten der Leitungsbalken.

2) Dergleichen Rollen oder Nüsse bringe man auch unter die Hebelatten, um die Reibung der Daumen an den Hebelatten zu vermindern. Wenn die Hebelatten die Form dreieckiger abgerundeter Prismen wie in Fig. 232 haben, so ist offenbar keine weitere Einrichtung erforderlich, um die Reibung zu vermindern. Man macht manchmal auch von der Einrichtung Fig. 230 Gebrauch, um die Reibung von Daumen und Hebelatten zu vermindern; die Hebelatte besitzt nämlich alsdann eine krummlinige untere Seite, und der gerade Daumen trägt am Ende eine eiserne Rolle; jedoch die baldige Abnutzung der Rollennägel macht, daß es nicht immer sehr vortheilhaft ist, dem Daumen oder der Hebelatte dergleichen Rollen zu geben.

3) Um endlich eine sehr baldige Abnutzung und eine ungleiche Reibung zu verhüten, thut man wohl, die Hebeköpfe, wenn sie von Holz sind, mit Eisen

zu beschlagen, oder auch der Hebelatte einen solchen Beschlag zu geben, jedoch darf nur eins von beiden Stücken beschlagen werden, weil im Allgemeinen die Reibung von Holz auf Eisen geringer ist, als von Eisen auf Eisen.

Die Hebelatten, wie man sie gewöhnlich anzuwenden pflegt Fig. 227 Nr. 2, werden mit einem Schwanz a durch einen Schlitz in den Schießer gesteckt; an die obere Seite dieses Schlitzes bringt man ein Stück d, das Kerbholz genannt, weil es mit einer Kerbe die erwähnte obere Seite umschließt; zwischen diese beiden Stücke wird ein Keil gh geschlagen, welcher mit seiner vordern Seite h nahe an das Ende C der Hebelatte tritt, um dasselbe desto besser gegen das Zerbrechen zu schützen. Durch den Schwanz der Hebelatte geht über dieses noch eine Querschließe, und die Hebelatte ist auf diese Weise im Schießer gehörig festgestellt.

Die Hebeköpfe oder Daumen werden ebenfalls mit Schwänzen in die Welle eingesetzt und durch ein Klötzchen in derselben befestigt. Die Schwänze haben die Form eines halben Schwalbenschwanzes i Fig. 227 Nr. 1, und die Klötzchen k (welche hinter den Daumen in dazu in der Welle ausgestemmte Löcher fest eingeschlagen werden) sind rechtwinklig und nicht keilförmig, denn alsdann könnten sie durch die Stöße der Daumen gegen die Hebelatten aus der Welle gerüttelt werden.

Das Befestigen der Daumen in den Wellen ist von sehr großem Belang und erheischt große Aufmerksamkeit; man legt deshalb auch wohl eiserne Bänder um die Welle und macht die Schwänze der Daumen breiter, so daß diese auch durch die genannten Bänder gehalten werden, oder unter denselben festliegen; oder man legt um die Welle Ringe mit Daumen Fig. 228 von Gußeisen; oder man zieht

auf die Welle hölzerne Drillinge Fig. 231 Nr. 1 und 2 mit eben so viel eisernen Treibstöcken a, b, c, d, als man sonst Hebeköpfe brauchen würde; diese Treibstöcke wirken alsdann auf krummlinige Hebelatten, wie die Rollen der Daumen Fig. 230; jedoch wird diese letzte Einrichtung umständlich und mühsam im Großen, wenn viele schwere Schießer zugleich bewegt werden sollen.

Das Heben eines Schießers, nachdem er gefallen ist, findet immer mit einem Stoße statt, der desto empfindlicher seyn wird, je schwerer der Schießer ist. Durch diesen Stoß geht ein Theil der Quantität der Wirkung der bewegenden Kraft verloren, was man bei der Bestimmung ihrer Größe oder derjenigen der Last mit in Rechnung bringen muß. Die Quantität dieses Verlustes kann durch Berechnung genau bestimmt werden; da jedoch diese Berechnung umständlich ist, so muß man sich in der Praxis mit einer Annäherung begnügen, welche auch meistens genügen wird, da doch bei großen Stampfmaschinen die Schwere der Schießer im Verhältnisse zu derjenigen der Welle und ihrem Räderwerke gering ist. Dadurch wird die Trägheit dieser Welle u. s. w. beträchtlich seyn, und die Geschwindigkeit der Bewegung wird durch den Stoß keine allzu merkbare Veränderung erfahren. Man berechne aus der Zahl der Umgänge der Welle in einer Minute, wie groß der Raum ist, welchen der Punkt des Daumens durchlaufen hat, welcher im Anfange der Bewegung mit der Hebelatte des Schießers in Berührung kommt (und dieser Punkt hat vom Mittelpunkte der Welle einen Abstand DA Fig. 227 Nr. 1, da das Heben jederzeit im Punkte D beginnt, welcher mit dem Mittelpunkte A in derselben Horizontallinie DA liegt). Es sey diese Geschwindigkeit s, dann wird das ganze Gewicht G des

(also nach $\frac{1}{15}$) Umdrehung hebe man z. B. den dritten Schießer mit seinem entsprechenden ersten Daumen; nach $\frac{2}{15}$ Umgang wird der fünfte Schießer gehoben; nach $\frac{3}{15}$ oder $\frac{1}{5}$ Umgang fällt der erste Schießer und nun wird der zweite gehoben; nach $\frac{4}{15}$ Umgang fällt der dritte Schießer und der vierte wird gehoben, alsdann wird nach $\frac{5}{15}$ oder $\frac{1}{3}$ Umgang der fünfte Schießer fallen und der erste gehoben werden u. s. w., weshalb die Stöße sehr kurz auf einander folgen und also immer einen hinlänglichen gleichmäßigen Widerstand darbieten.

Es leuchtet von selbst ein, daß die Daumen, um nach einander heben zu können, nicht alle auf dieselbe Weise um die Welle gestellt seyn dürfen, denn dann würden sie natürlich alle zugleich heben.

Dem so eben gegebenen Beispiele entsprechend muß man also den Umfang der Welle in 15 gleiche Theile theilen und auf ihrer Oberfläche eben so viele Linien parallel ihrer Länge ziehen; wenn dann 5 Sätze Daumen vorhanden sind, so muß der erste Daumen auf die erste Linie; der erste Daumen für den dritten Schießer auf die zweite Linie; der erste Daumen für den fünften Schießer auf die dritte Linie; der erste Daumen für den zweiten Schießer auf die vierte Linie; der erste Daumen für den vierten Schießer auf die fünfte Linie; der zweite Daumen für den ersten Schießer auf die sechste Linie u. s. w. kommen.

Die Dimension der Daumen in ihrer Dicke, wenn ihre Länge und Breite gegeben sind, nebst dem Stoff, aus welchem sie bestehen, wird nach den Grundsätzen, welche im I. Theile Abth. III. entwickelt worden sind, folgendermaßen bestimmt.

Wenn die Daumen an der Welle eine solche Dicke haben, daß sie den Stoß gegen die Hebelatten aushalten können, so sind sie auch im Stande,

die Last der Schießer zu heben, man betrachte den Daumen als ein Stück Fig. 233, welches unverrückbar in der Welle befestigt ist, dergestalt jedoch, daß der befestigte Theil a b c innerhalb der Welle einige Beugung erfahren kann: so wird das Gewicht, welches vom Daumen am Punkte A getragen werden kann, wo er die Hebelatte des Schießers hebt, ausgedrückt durch

$$\frac{k \cdot b \cdot d^2}{6 l},$$

(siehe Theil I. Abth. III. Art. 150 No. 1), es bezeichnet b die Breite, d die Dicke, l die Länge A C des vorragenden Theiles des Daumens; und k die Stärke des Stoffes des Daumens auf einen niederländischen Quadratzoll. Es müssen die Maaße sämmtlich in Zollen genommen werden. Die Biegung, welche aus diesem Druck entsteht, kann ausgedrückt werden durch

$$\frac{2 u l^2}{3 d}\left(1 + \frac{l'}{l}\right);$$

(siehe Theil I. Abth. III. Art. 151 No. 1); es bezeichnet u die Ausdehnung des Stoffes in Folge einer Belastung von k Pfunden auf jeden Quadratzoll, und l' die Länge a C des befestigten Theiles.

Diese Biegung ist der Raum, welchen das Gewicht $\frac{k b d^2}{6 l}$ durchläuft; es besteht deshalb eine Quantität der Wirkung, welche gleich ist dem Drucke, multiplicirt mit der Beugung, d. i.

$$\frac{k b d^2}{6 l} + \frac{2 u l^2}{3 d}\left(1 + \frac{l'}{l}\right) = \frac{k u b d l}{9}\left(1 + \frac{l'}{l}\right);$$

aber die Quantität der Wirkung, welche dem Effecte des Stoßes gleichgestellt werden kann, ist schon

oben gefunden worden $= 0{,}05096 \cdot s^2 G$, in welcher Formel s die Geschwindigkeit des Punktes A, und G das Gewicht des Schießers bezeichnen; da jedoch dieser Werth unter der Voraussetzung berechnet ist, daß das Maaß in Ellen gegeben, so muß er, um alles in Zolle zu verwandeln, mit 100 dividirt werden (weil der Effect g der Schwere alsdann nicht 9,18216 Ellen, sondern 918,216 Zoll wird); der angenommene Werth wird dann $= 0{,}0005096$ $s^2 \cdot G$, und da er gleich seyn muß der Quantität der Wirkung, dem Drucke multiplicirt mit der Beugung, so bekommt man

$$0{,}0005096 \cdot s^2 \cdot G = \tfrac{1}{9} \cdot k u b d l \left(1 + \frac{l'}{l}\right)$$

$$= \tfrac{1}{9}\, k\, u\, b\, d\, l \left(\frac{l + l'}{l}\right),$$

woraus folgt

$$b\,d = \frac{0{,}0045864\; s^2 \cdot G}{k\,u\,(l + l')},$$

$l + l'$ ist die Länge des Daumens von A bis a; man nenne diese Länge L, dann wird die Formel werden

$$b\,d = 0{,}0045864 \cdot \frac{s^2\, G}{k\,u\,L};$$

und hierdurch findet man nun den Durchschnitt in Quadratzollen und ferner die Dicke d, wenn die Breite b gegeben ist. Die Daumen sind von Gußeisen, von Eichenholz oder von Ulmenholz; für Gußeisen ist $k = 1070$, $u = 0{,}00083$; für Eichenholz $k = 270$, $u = 0{,}00232$; für Ulmenholz $k = 225$, $u = 0{,}00243$.

Wenn der krummlinige Theil d e f des Daumens sehr nahe an die Welle kommt, was der Fall ist, wenn er die Schießer auf eine geringe Höhe he-

ben muß, so ist es nicht nöthig, die Dicke b c durch Berechnung zu bestimmen, denn durch die Construction der krummlinigen Seite d e f wird die Dicke d g von selbst bekannt, und wenn man dann den Daumen an der Welle ein wenig dünner nimmt, so wird er daselbst immer eine hinlängliche Dicke haben.

Uebrigens ist die Form der Daumen, welche in Fig. 233 angegeben ist, die zweckmäßigste, denn sie dient dazu, den Theil f am hintern Ende des Daumens

1) um seine Stärke auf diesem Punkte zu vermehren, wenn er den Schießer in seiner höchsten Stellung trägt, und

2) um die Hebelatte des Schießers sanft vom Daumen abgleiten zu lassen, wenn der Schießer fallen soll.

Das oben Verhandelte über die Einrichtung der Stampfwerke, in soweit es sich auf die Art und Weise bezieht, denselben die Bewegung mitzutheilen, hat ganz speciell zum Beispiele gedient, um darzuthun, wie eine abwechselnde Mittheilung einer geradlinigen Bewegung mit Zwischenräumen stattfinden kann; jedoch auf die Weise, wie die Schießer bewegt werden, können auch andere mechanische Theile in sehr verschiedenen Fällen und Umständen Bewegung mit Zwischenräumen der Ruhe empfangen, mögen nun die Theile so nahe an den umlaufenden Wellen liegen, daß sie unmittelbar durch excentrische Daumen gehoben werden können, oder mag der genannte Abstand die Dazwischenkunft eines Hebels oder eines Balanciers erfordern, um die Wirkung der excentrischen Daumen fortzupflanzen, wie es z. B. der Fall ist, wenn man große Gebläse durch eine umlaufende Welle mit Hebeköpfen u. s. w. in Bewegung setzen läßt.

e) Nichts ist leichter, als die abwechselnde Bewegung eines Körpers zu hemmen, ohne daß die kreisförmige Bewegung behindert wird; denn man braucht den Körper, welcher abwechselnd bewegt wird, nur in einer solchen Höhe oder Entfernung von der Welle zu tragen, oder fest zu haken, daß das Excentricum oder der Daumen u. s. w. unter demselben hin- oder vorübergeht, ohne mit ihm in Berührung zu kommen. So werden die Schießer in Stampfwerken Fig. 234 durch einen Hebel H J mit einem Seil L, welches über eine Seilrolle K aufwärts gezogen wird, gehemmt, und dieses Seil wird nachher an einem Haken 2c. angehängt; denn da durch den Schießer ein Querstück M über dem Hebel geschlagen ist, so wird er mit diesem Querstück an dem Hebel hängen bleiben; der Daumen S bewegt sich deshalb frei unter der Hebelatte V, und der Schießer wird außer Wirkung gesetzt.

B. Die Anwendung excentrischer Stücke, um hin- und her-, oder auf- und niedergehende Bewegungen aus kreisförmigen Bewegungen abzuleiten, ist sehr mannichfaltig. Einige Beispiele sind bereits oben citirt worden, und zur weitern Erläuterung des Angegebenen sollen noch einige Beispiele aufgeführt werden,

1) An manchen Spinnrädern bei den meisten Spinn- und Webemaschinen zur Verfertigung wollener, baumwollener und seidener Stoffe werden die excentrischen Stücke gebraucht, um hin- und hergehende Bewegungen Spulen mitzutheilen, um gesponnene Fäden regelmäßig auf- und abzuwinden, um die Schäfte von Weberbäumen und die fliegenden Weberschiffchen mechanisch (d. h. ohne die Hand oder den Fuß des Webers) zu bewegen.

2) Mittelst der excentrischen Scheibe, die in einem Ringe wirkt, Fig. 191 können die Kolben

leichter Pumpen auf- und niederbewegt werden (für schwere Pumpenkolben eignen sich Krummzapfen besser). In den Dampfmaschinen macht man auch eine nützliche Anwendung von der excentrischen Scheibe, um die Dampfschubladen oder die Dampfventile abwechselnd zu öffnen und zu schließen.

3) Mittelst eines halben Spiral-Excentricums A B C Fig. 235 kann man eine Mange M M hin- und herbewegen. Ueber der Mange muß eine horizontale Welle angebracht seyn, welche an beiden Seiten der Mange durch eine Kurbel K in Umdrehung versetzt wird. An beiden Seiten muß auch ein halbes Excentricum auf dieser Axe sitzen, damit der Druck gegen den obern Theil der Mange gleichförmig sey und nicht blos an einer Seite ausgeübt werde. Die Excentrica müssen auf zwei Rollen r r an den beiden Ständern SS wirken, die an den obern Theil der Mange befestigt sind. Die regelmäßige Umdrehung der Kurbeln wird dann die Mange auch regelmäßig hin- und hergehen lassen, und zwar mit viel weniger Arbeit der Personen, welche sonst die Mange abwechselnd ziehen und schieben müssen.

Es giebt viele Einrichtungen, um gewöhnliche Wirthschafts-Mangen zu bewegen, von denen jedoch die meisten durch das angewendete Räderwerk zusammengesetzter sind, als die beschriebene, welche jedoch auch zusammengesetzter wird, sobald die Umstände nicht gestatten, ein großes Excentricum anzuwenden, und man also zwei Hebel A B oder C D Fig. 236 noch anwenden muß, um die Extension der Bewegung der Mange mit einem kleinern Excentricum E zu vergrößern. Man wird dann gleichwohl an Regelmäßigkeit der Bewegung und an Kraft verlieren.

4) Excentrica können auch vortheilhaft benutzt werden, um große Drucke mit wenig Kraft und mit einfachen mechanischen Einrichtungen auszuüben. Sie kommen in dieser Hinsicht der Schraube nahe, mit welcher sie dieselbe Verwandtschaft, wie mit der schiefen Fläche haben. Man hat dieselbe auf diese Weise angewendet in Pressen, welche dadurch den Namen excentrischer Pressen erlangt haben.

E E Fig. 237 sind zwei ovale oder andere Excentrica, deren Wellen durch zwei Zahnräder R R von gleicher Größe zugleich umgedreht werden; sie lassen auf diese Weise zwei Platten A A, welche in Nuthen laufen, um gleichen Betrag nach den Seiten ausweichen, während diese Platten in ihrem vertikalen Stande bleiben, weil sie immer auf zwei Punkten a, a und b, b unten und oben gegen die Excentrica gedrückt werden. Die Stoffe S, S, welche gepreßt werden sollen, liegen senkrecht zwischen den Platten A und zwei festen vertikalen Blöcken B. Wenn die Platten am weitesten von einander entfernt sind, so haben die Excentrica die in der Figur angegebene Stellung und das Pressen ist dann aufs Aeußerste getrieben. Man stellt die Zahnräder alsdann fest, oder man bringt vielmehr zwischen die Platten A, A oben und unten zwei Stäbe c, c, um erstere in diesem Abstande von einander zu erhalten und das Verschieben der Excentrica zu verhindern.

Auf diese Weise pflegt man das Oel durch eine kreisförmige Bewegung aus der Oelsaat zu pressen, statt wie gewöhnlich Stampfwerke anzuwenden, welche immer ein lästiges Getöse verursachen und der Maschine wegen der Stöße der Schießer beträchtliche Nachtheile bringen können. Für horizontales Pressen kann man das Excentricum ebenfalls benutzen.

Den Druck, den man auf den beweglichen Schenkel einer Kupferschmidtsscheere ausüben muß, kann man durch ein Excentricum Fig. 238, welches durch einen kleinen Schwengel umgedreht wird, sehr vergrößern, oder ihn ohne viel Anstrengung ausüben. Auf Hackmesser kann man denselben auch wirken lassen u. s. w.

29) Zweites Mittel. Kurbeln. A. Wenn man an das Ende einer Welle eine Kurbel A N Fig. 239 befestigt, und das Ende der Kurbel mit einem Körper L durch eine Stange A D verbindet, welche bei A um die Kurbelwarze und bei D um ein Gelenk sich drehen kann, so wird dieser Körper offenbar genöthigt seyn, der Bewegung des Ende A der Kurbel zu folgen. Wenn die Kurbel dann von C nach B und von B nach C sich einmal umdreht, so wird der Körper L oder der Stab p q einmal auf- und einmal niedergehen und bei jedem halben Umgange der Kurbel einen Raum durchlaufen = B C = der doppelten Länge der Kurbel.

Denselben Effect bekommt man, wenn man Fig. 240 No. 1 auf das Ende einer Welle eine Scheibe oder ein Rad aufzieht und mit irgend einer Stelle der Scheibe die Stange S F mittelst einer Warze verbindet; alsdann wird der Körper oder der Stab L eine hin- und hergehende Bewegung bekommen, die an Extension gleich ist dem doppelten ten Halbmesser S A. Denn es läßt sich leicht begreifen, daß die Warze S hier dieselbe Wirkung thut, als das Ende oder die Warze einer Kurbel Fig. 239, indem weder das Rad, noch die Scheibe zur eigentlichen Herstellung der hin- und hergehenden Bewegung das Geringste beiträgt.

Endlich kann man von der Mitte einer Welle oder von irgend einem andern zwischen ihren Unter-

stützungspunkten gelegenen Punkte eine abwechselnde geradlinige Bewegung ableiten, indem man die Welle an dieser Stelle kröpft, siehe E Fig. 240 No. 2. Man bekommt alsdann einen Krummzapfen, den man betrachten kann als zusammengesetzt aus zwei gewöhnlichen Kurbeln A B, C D Fig. 240 No. 3, welche durch denselben Bolzen B D verbunden sind.

Hieraus ergiebt sich nun, daß man auch die Kurbel zu den Verschiedenheiten des vorhergehenden Mittels, eine kreisförmige Bewegung auf gewisse Entfernung in eine abwechselnde geradlinige Bewegung umzuwandeln, rechnen kann.

Wenn die Kraft an dem Ende A der Kurbel Fig. 239 wirkte, so würde sie den halben Umfang B A C = 3,1416 A N durchlaufen, während die Last durch einen Raum = B C = 2 A M geführt wird; folglich ist:

Last : Kraft = 3,1416 · A N : 2 · A N = 3,1416 : 2

seyn; woraus folgt, daß der Druck der Last = 1,57 mal dem Druck der Kraft seyn müsse; oder auch der durchlaufene Raum der Last muß beinahe $\frac{2}{3}$ des durchlaufenen Raumes der Kraft seyn, so daß, wenn die Last auf eine Welle oder einen Haspel gewunden wird, der halbe Umfang dieses Haspels $\frac{2}{3}$ des halben Umfanges B A C betragen muß; der Halbmesser eines solchen Haspels muß dann auch natürlich beinahe $\frac{2}{3}$ des Halbmessers A M betragen.

Der Druck einer Kraft, welche mittelst einer Kurbel eine Last abwechselnd bewegen soll, ist wegen der veränderlichen Hebelarme dieser Last sehr ungleichmäßig; denn vorausgesetzt, daß die Last ein Gewicht sey, welches am Ende der Kurbel Fig. 241 frei hängt, so wird A B der Hebelarm der Last seyn, die Kurbel eine horizontale Stellung A B hat; dieser Hebelarm wird A a = C c, wenn die Kurbel emporgeführt ist in den Stand A C, und er nimmt

immer mehr ab in dem Maaße, in welchem das Ende der Kurbel steigt, so daß dieselbe in dem Stand A D = A b, und endlich ganz äqual Null wird, sobald die Kurbel vertikal steht und das Ende in E ist; nachher wird er stets größer bis in G, nimmt dann wieder ab bis in H u. s. w. Wenn dann die Kraft, welche die Welle der Kurbel umführt, beständig denselben Hebelarm hat, so muß sie, um die Last regelmäßig zu bewegen, bald ein größeres, bald wiederum ein kleineres Vermögen ausüben; der Hebelarm der Last nimmt zu von A bis A B und wird von A B an wieder äqual Null u. s. w.; zwischen diesen beiden Grenzen giebt es einen mittlern Hebelarm, an welchem man sich die Last während eines Umganges der Welle beständig wirksam denken kann, und dieser Hebelarm ist dem oben Gesagten zufolge beinahe = $\frac{2}{3}$ des größten Hebelarmes A B = $\frac{2}{3}$ von der Länge der Kurbel. Wenn nun eine Kraft von K Pfunden Druck und an einem Rade wirkend, dessen Halbmesser gleich r ist, eine Last abwechselnd bewegen soll mittelst einer Kurbel l, so muß man, um das Gewicht G dieser Last zu bestimmen, die mittlere Entfernung desselben vom Mittelpunkte der Bewegung = $\frac{2}{3}$ l setzen, wo dann das Moment desselben = $\frac{2}{3}$ l . G seyn wird, während die Kraft = r K seyn muß, und das Gewicht G der Last wird also = $\frac{3\,r\,K}{2\,l}$.

Dieses trifft jedoch keineswegs so genau ein, wenn die Last mittelst einer schrägen Stange P B bewegt wird; denn alsdann macht vorerst die Stange jedesmal einen andern Winkel mit dem Halbmesser A B der Kurbel, und sodann ist der Winkel zwischen der Stange P B und dem Stabe P Q, der abwechselnd bewegt werden soll, auch veränderlich. Man

muß alsdann, um zu finden, welcher Theil der wirkenden Kraft in der Richtung PQ verwendet wird, um den Stab PQ zu heben, die Kraft erst zerlegen in der Richtung BP, und dann diesen zerlegten Theil wieder in der Richtung PQ, was keineswegs der Fall ist, wenn die Last wie ein freifallendes Gewicht immer senkrecht niederwärts auf das Ende der Kurbel wirkt.

Es wird in diesem letzten Falle viel weniger Kraft erfordert, als im ersten Fig. 239, weil der Stab pq alsdann schräg und nicht senkrecht emporgezogen oder niedergestoßen wird (ausgenommen in dem höchsten Stande B und in dem tiefsten Stande C des Kurbelendes), und weil auch durch diese veränderliche Wirkung ein sehr ungleichmäßiger Druck des Stabes pq gegen seine Leitungsstücke oder Wände mm ausgeübt wird, was einen sehr ungleichen Widerstand der Reibung erzeugt, welche durch die bewegende Kraft überwunden werden muß.

Wie groß nun der mittlere Widerstand der Last sey, wenn sie auf diese Weise bewegt wird, läßt sich auf eine allgemeine Weise so einfach nicht bestimmen, wie in dem Falle Fig. 241, wo die Last immer unmittelbar in einer senkrechten Richtung an der Kurbel hängt. Diese Größe ist abhängig von der Länge der Stange AD und muß in jedem besondern Falle bestimmt werden, indem man die Last in allen Ständen der Kurbel in der Richtung DA zerlegt und dann wieder in einer Richtung senkrecht auf diejenige der Kurbel. Von allen diesen besondern Drucken der Last senkrecht auf die Kurbel muß dann ein mittlerer Druck genommen werden. Jedoch hat man in den meisten Fällen, wenn die Stange AD nicht sehr kurz ist, den Widerstand der Last auf dieselbe Weise zu betrachten, als oben für den Fall von Fig. 241 angezeigt ist, da auch der

größte Theil des veränderlichen Widerstandes aus der Vermehrung und Verminderung der Reibung des bewegt werdenden Körpers in seinen Leitungen oder Führungen entspringt, welche Reibung um so geringer seyn wird, je größer die Länge der Stange AD ist.

Die Geschwindigkeit der Bewegung eines Körpers, welcher durch eine Kurbel abwechselnd geradlinig bewegt wird, ist keinesweges regelmäßig, was auch eine nothwendige Folge des veränderlichen Widerstandes ist, den die Kurbel findet. Wenn man annimmt, daß die Bewegung der Kurbel bei C Fig. 242 beginnt, so wird man durch Messung finden, daß der Raum BD = AF, den der Körper durchläuft, während die Kurbel einen Winkel BAC von 30° (= $\frac{1}{3}$ von 90°) beschreibt, daß dieser Raum gleich sey $\frac{1}{2}$ AE d. h. gleich $\frac{1}{2}$ des Raumes, welchen der Körper bei $\frac{1}{4}$ der Umdrehung der Kurbel durchläuft. Damit der Körper auf diese Weise die zweite Hälfte FE des Weges AE beschreibe, muß die Kurbel einen Bogen von 60° beschreiben, während sie erst nur, um dieselbe Wirkung zu leisten, 30° beschrieb; folglich ist die Bewegung des Körpers unregelmäßig, bald beschleunigt und bald verzögert; jedoch werden die Veränderungen der Geschwindigkeit nicht groß seyn, wenn die Last nur immer in parallelen Richtungen bewegt wird (wie in Fig. 241); auch werden die Zunahmen der Unregelmäßigkeit nicht groß seyn, wenn bei der Bewegung eines Körpers mittelst einer Stange BP (was meistens der Fall ist) die Länge dieser Stange im Verhältnisse zur Länge der Kurbel groß ist; denn die genannte Unregelmäßigkeit nimmt mit der Abkürzung der Stange stark zu. Damit die Wirkung der Kraft und der Bewegung der Last so regelmäßig als möglich seyn möge, muß man auch immer

die Stellung der Welle so zu nehmen streben, daß sie in der Verlängerung BD Fig. 239 der Richtung pq der abwechselnden Bewegung liegt; denn wäre diese Stellung z. B. so, wie in Fig. 243 angegeben ist, dann würde die Kraft einen sehr ungleichen Widerstand der Last erfahren; die Bewegung könnte alsdann sehr stoßend werden, sobald die Last beträchtlich wäre.

Die Fig. 244 zeigt endlich noch an, wie man mit einem Krummzapfen ohne Vermittlung einer schrägen Stange eine abwechselnde geradlinige Bewegung herstellen kann, indem man die Stange, welche mit dem gedachten Körper verbunden ist, bis an die Welle der Bewegung laufen läßt, so daß dieselbe mit einem ovalen Ring AB die Welle umschließt und der Krummzapfen auf die obere und untere Seite dieses Ringes abwechselnd wirkt. Diese Einrichtung vermag zwar die Maschine compendiöser zu machen, da man nun keine Scharniere und Gelenke nöthig hat, aber bei geschwinden Bewegungen wird der Krummzapfen nicht von der einen Seite des Ringes auf die andere übergehen ohne Stöße, weshalb dieses bei großem Widerstande der Last sehr nachtheilige Folgen haben kann; auch bleiben die Reibungen an den Leitungsstücken unvermindert, da der Krummzapfen meistentheils außerhalb der Richtung ab der Bewegung drückt, gleich den Hebeköpfen einer Welle, wenn die Hebelatten vorn an den Schießern hervortreten. (Vergleiche Fig. 188 Nr. 2.)

Bevor wir noch einige besondere Fälle von der Veränderung der kreisförmigen Bewegung in eine abwechselnd geradlinige mittelst Kurbeln anführen, wird es nicht unzweckmäßig seyn, erst über die Form und die Dimensionen der Kurbeln und der Zugstangen zu sprechen.

Die Formen der Kurbeln sind im Allgemeinen diejenigen, welche in Fig. 245 Nr. 1 bis 5 dargestellt sind; sie sind einander alle sehr ähnlich, bis auf die Form Nr. 5, welche gebogen ist. Diese gebogene Form gewährt jedoch bei steten kreisförmigen Bewegungen wenig Nutzen, denn die Leichtigkeit des Zuges oder des Schubs an der Stange einer Kurbel ist allein abhängig vom Hebelarm, der durch einen gebogenen Hebel gar nicht länger wird. Und da eine gebogene Kurbel nicht viel mehr Stärke besitzt, als eine gerade, und da sie auch mehr Stoff in Anspruch nimmt und also schwerer wird, so wird eine gerade Kurbel (besonders im Großen wegen ihrer geringern Schwere) meistens den Vorzug verdienen.

Wenn eine Kurbel bricht, so geschieht dieses immer nahe an der Welle, deshalb muß sie daselbst die größte Stärke besitzen. Es wird deshalb unnöthig seyn, die Kurbel über ihre ganze Länge überall gleich breit und dick zu machen; man giebt ihr die größte Breite, wo sie mit dem runden, oder besser mit dem viereckigen Auge B an die Welle geschoben werden muß. Von hier an nimmt die Breite und auch die Dicke verhältnißmäßig gegen das Ende A ab, wo die Kurbeln gewöhnlich halb so dick und breit, oder noch etwas weniger als an der Welle sind.

Manchmal giebt man ihnen Fig. 245 Nr. 4 eine beinahe gleiche Breite vom Punkte a bis zum Punkte b, damit ihr Gewicht so wenig wie möglich betrage, jedoch verstärkt man dieselben alsdann von hinten durch einen Rücken oder durch eine Strebe ab, welche von b bis a allmählig an Breite, oder auch wohl an Breite und Dicke zunimmt. Der massive Ring, welcher um das Auge B bleibt, darf nicht viel weniger Dicke de haben, als $\frac{1}{3}$ des Durchmessers des Auges. Vorn bei A hat die Kurbel ein

zweites Auge, in welchem der Bolzen befestigt wird, welcher die Kurbel mit der Zugstange vereinigt. Dieses Auge kann rund oder viereckig seyn; in diesem letzten Falle bekommt man eine bessere Befestigung des Bolzens, als im ersten. Der Bolzen wird dann mit einem viereckigen Schwanz in das Auge eingesetzt.

Manchmal muß man, um die Extension der abwechselnden Bewegung innerhalb gewisser Grenzen verlängern oder verkürzen zu können, die Entfernung des Bolzens von der Mitte des Auges verändern können, ohne eine andere Kurbel auf die Welle zu ziehen. Man erlangt dieses auf die Weise, daß man das Auge A Fig. 246 Nr. 1 und 2 in einem besondern Stück anbringt, welches in einem Schlitz ab verschoben werden kann, der für diesen Zweck in der Länge der Kurbel angebracht ist. Das Verschieben und das Feststellen dieses Stückes in den bestimmten Abständen des Auges B geschieht aufs Genaueste durch eine Schraube S; jedoch kann man die Verschiebung auch ohne Werkzeug verrichten und das Stück A alsdann durch Kerb- oder Schließstücke und Querkeile gehörig feststellen (siehe 246 Nr. 2).

Krummzapfen Fig. 240 Nr. 3 bekommen dieselbe Gestalt, wie gerade Kurbeln, werden jedoch nicht immer besonders an die Wellen gesetzt, sondern bestehen meistens mit diesen aus einem und demselben Stücke. Wellen, die an irgend einer Stelle zu Krummzapfen gebogen worden sind, können folglich nur aus Schmiedeeisen bestehen. An denjenigen Stellen, wo die Welle alsdann unterbrochen werden muß, werden die Kurbeln angeschweißt u. s. w.

Die Form der Kurbelstangen ist abhängig von ihrer Länge und von der Substanz, aus welcher sie bestehen; sind sie kurz und von Schmiedeeisen, so

kann man sie flach nehmen in der Form eines Stabes, doch besser ist es, daß sie rund sind, Fig. 147 Nr. 1, denn alsdann sind sie der Biegung nicht so ausgesetzt und haben in andern Hinsichten auch bei geringerer Schwere eine größere Stärke. Man macht diese Stangen in der Mitte etwas stärker Fig. 247 Nr. 2, oder versieht sie in der Mitte mit einem Bande a Nr. 3, oder man dreht auch die Mitte b Nr. 4 während des Schmiedens zu einer Art von Schraube, wodurch die Stärke in der Mitte sehr vermehrt wird.

Es ist die Biegung allein, welche eine Verstärkung in der Mitte nothwendig macht, wenn die Länge der Kurbelstange beträchtlich und die Last, welche sie abwechselnd ziehen und schieben muß, ansehnlich ist.

In Fig. 248 Nr. 1 und 2 sind zwei Formen gußeiserner Kurbelstangen dargestellt, welche an den Enden viereckig oder rund im Durchschnitte sind und manchmal mit Leisten verstärkt werden, während der Durchschnitt in der Mitte die größte Dicke besitzt und kreuzförmig ist. Diese Formen werden je nach den Umständen und auch nach dem Urtheile und dem guten Geschmacke des Maschinenbaumeisters modificirt.

Hölzerne Kurbelstangen, welche häufig den sonderbaren Namen Kolderstöcke führen, besitzen die einfache rechtwinklige Form, welche in Fig. 249 Nr. 1 bis 3 dargestellt ist; man kann ihnen auch in der Mitte eine größere Dicke als an den Enden geben, was besonders anzurathen ist, wenn sie bei einer großen Länge von 5 und mehr Ellen in einer horizontalen Richtung hin- und herbewegt werden.

Die Enden der Kurbelstangen bekommen zwei Augen, um durch einen Bolzen mit der Kurbel und mit dem zu bewegenden Körper vereinigt zu werden, wenn es auf keine große Genauigkeit ankommt. Wenn die Kosten der Verfertigung so gering wie

möglich genommen werden müssen, und hauptsächlich, wenn die Kurbelstange keinen großen Druck oder Zug auszuführen hat, so pflegt auch nur eine runde Oeffnung im Ende der Kurbelstange angebracht zu seyn. Der Bolzen ist alsdann ein eiserner Nagel, welcher durch das Auge von Stange und Kurbel läuft, und an dessen Ende man eine Schraubenmutter schraubt, oder eine Querschließe, oder eine Lünze steckt, um das Abschieben der Stange von diesem Bolzen oder Nagel zu verhindern.

Um jedoch eine genauere Verbindung zu bekommen, welche während der Bewegung weniger Reibung erzeugt, und durch welche man, wenn sich durch Abnutzung die Augen erweitern, leichte Mittel hat, letztere wieder zu verengern (und diese Verbindung muß man immer anwenden, wenn schwere Drucke fortgepflanzt werden sollen), so muß man für diesen Zweck an den Enden der Stange (siehe z. B. Fig. 248 Nr. 1) ein Paar messingene Lager a, b befestigen, die mit Wangen versehen sind, zwischen welchen sie durch ein eisernes Band festgehalten werden. Dieses Band hält nicht nur die Lager zusammen, sondern verbindet sie auch mit der Kurbelstange durch Querschließen oder Bolzen, die durch entsprechende Löcher in den Stangen laufen.

Man kann auch für denselben Zweck (siehe Fig. 248 Nr. 2) die Enden der Stangen breiter machen, in denselben einen Schlitz anbringen, so daß die genannten Lager gerade hineinpassen, und sie ferner durch einen Querkeil in demselben befestigen. Sind die Pfannen nun ausgeschliffen, so können sie zuerst durch die Keile einander wieder genähert werden und bekommen auf diese Weise eine kleinere Oeffnung, oder man kann sie herausnehmen, auf der Drehbank und mit der Feile wieder bearbeiten, und

sie wie zuvor durch das Einschlagen der Keile wieder gut an den Stangen befestigen.

An den Kolderstöcken kann man auch solche Lager anbringen (siehe Fig. 249 Nr. 2), indem man dieselben mit einem eisernen Band umgiebt, welches mit Querschließen an demselben befestigt wird. Man kann auch die Enden der Kolderstöcke mit Stücken ABC Fig. 249 Nr. 3 aus geschmiedetem Eisen verlängern, an welchen die Lager für die Bolzen befestigt sind. Die Verbindung dieser Stücke ABC mit den Kolderstöcken geschieht dann durch zwei oder mehr Nägel, oder Schraubenbolzen. Wenn die Fortpflanzung der Bewegung in einer horizontalen Richtung stattfindet, und bis auf eine Länge von 4 und mehr Ellen, so wird es, um eine große Schwere und die Kostbarkeit einer eisernen Kurbelstange zu vermeiden, zweckmäßig seyn, dieselbe aus einem hölzernen Balken bestehen zu lassen, welcher gehalten wird zwischen zwei eisernen Enden, wie in Fig. 249 Nr. 3; jedoch wird man hierbei nicht immer gewinnen, wenn der Balken seiner Länge entsprechend und nach Maaßgabe des Druckes, den er fortzupflanzen hat, eine unmäßige Dicke haben müßte.

Nennt man die Breite fg Fig. 245 Nr. 2 einer Kurbel an der Welle oder das Auge B, b; die Dicke ab an dieser Stelle d, die Länge cA d. h. den Abstand zwischen den Mittelpunkten der beiden Augen l; den Druck der Kraft, welcher auf das Ende A der Kurbel wirkt, oder auf dieses Ende reducirt ist, K, und die Geschwindigkeit der Bewegung am Ende A, s, so wird man den Durchschnitt der Kurbel an der Welle finden durch die Formel:

$$bd = 0{,}0026443 \cdot \frac{s^2 K}{l},$$

wenn die Kurbel von Gußeisen ist, während dagegen die Formel

$$bd = 0{,}0020492 \cdot \frac{s^2 K}{l}$$

für geschmiedetes Eisen gilt. Wenn b gegeben ist, wird die Dicke d sogleich bekannt; diese Breite b muß nach Maaßgabe der Dicke der Welle größer oder kleiner genommen werden. Sind b und d bekannt, so weiß man auch die Breite und die Dicke am Ende A; denn es ist vorausgesetzt, daß sie daselbst die Hälfte der Breite und der Dicke an der Welle betragen.

Zu dem Druck der Kraft K ist auch zu rechnen das Gewicht der Kurbelstange, welche durch die Kurbel mit gehoben werden muß; denn obschon das Gewicht zwar nicht ein Theil des Druckes K ist, so wirkt es doch als ein wesentlicher Druck auf das Ende der Kurbel; auch muß man noch, wenn die Kurbel schwer wird, ihr Gewicht mit rechnen, für welchen Zweck dann zwei Berechnungen sich nöthig machen, die eine nämlich, um annähernd den Durchschnitt bd kennen zu lernen, mit welchem man das Gewicht der Kurbel bestimmt; man reducirt dieses Gewicht dann von dem Schwerpunkte der Kurbel aufs Ende A, addirt dieses reducirte Gewicht zum Druck K und wiederholt dann noch einmal die Berechnung einer der vorhergehenden Formeln, um den Durchschnitt bd zu bekommen, so daß die Schwere der Kurbel mit gerechnet ist. Endlich nehme man darauf Rücksicht, daß alle Längenmaaße in den angegebenen Formeln in niederländischen Zollen ausgedrückt werden müssen.

Um die oben stehenden Formeln zu finden, wurde vorausgesetzt, daß die Uebertragung der Bewegung auf die Stange mit einem Stoße geschehe,

was hier eine nothwendige Voraussetzung war, weil bei dem Uebergange der Richtung der abwechselnden Bewegung immer wesentlich Stöße und Rucke stattfinden (oder stattfinden können), welche auf die Kurbel sehr nachtheilig wirken. Es ist dann vorausgesetzt, daß die Kraft K (welcher man den längsten Hebelarm l geben muß, auf welchen sie bei jedem Umgange zweimal senkrecht wirkt) am Ende der Kurbel plötzlich zu wirken beginne mit einer Geschwindigkeit s, und in dieser Voraussetzung ist die Berechnung auf dieselbe Weise ausgeführt, wie diejenige für die Dimensionen von Hebebaumen und Wellen ins Werk gesetzt worden ist. Die Anmerkung, welche Theil I. Abth. III. Art. 151 gemacht worden ist, und welche in der angezogenen Berechnung in Anwendung gebracht worden, leidet keine Anwendung auf den vorliegenden Fall; übrigens ist Gebrauch gemacht worden von den Angaben, welche Theil I. Abth. II. Art. 150 vorkommen.

Um die Dicke der Bolzen zu bestimmen, welche die Kurbel mit den Kurbelstangen u. s. w. verbinden sollen, kann man mit Sicherheit von den Angaben und Regeln Gebrauch machen, welche über die Dimensionen der Bolzen in Hebeln und Haspeln gegeben sind in der III. Abth. des I. Theiles.

Die Dicke der Kurbelstangen bestimme man durch folgende Formeln, in welchen dieselben Buchstaben eine gleiche Bedeutung haben, wie in den vorhergehenden Formeln, jedoch für viereckige oder rechtwinklige Stangen bezeichnet b die Breite der Stange, d. i. ihre kleinste Dicke.

1) Für viereckige Stangen aus Gußeisen.

$$b d^3 = 0{,}000\ 000\ 03953\ s^2 l^2 K.$$

2) Für runde Stangen aus Gußeisen.

$$d^4 = 0{,}000\ 000\ 067201\ s^2 l^2 K.$$

3) Für viereckige Stangen aus Schmiedeeisen.

$$bd^3 = 0{,}000\ 000\ 02267\ s^2 l^2 K.$$

4) Für runde Stangen aus Schmiedeeisen.

$$d^4 = 0{,}000\ 000\ 03854\ s^2 l^2 K.$$

5) Für viereckige Kolderstöcke aus Eichenholz.

$$bd^3 = 0{,}000\ 000\ 9118\ s^2 l^2 K.$$

Das Maaß ist bei diesen Formeln ebenfalls in niederländischen Zollen angenommen und die gefundenen Breiten und Dicken werden bestimmt in der Voraussetzung, daß die Stange in der Mitte nicht dicker gearbeitet ist, so daß man dieses Dickerwerden in der Mitte erst bestimmt, nachdem man durch die vorhergehenden Formeln die gleichförmige Dicke an den Enden gefunden hat. Man verfährt hierbei, wie dieses früher hinsichtlich der in der Mitte stärkern Wellen angegeben worden ist, nämlich daß man die Quantität dieser Zunahme der Dicke nur nach Umständen ohne Berechnung bestimmt, in der Art, daß sie nicht zu groß werde und gegen die Enden hin unmerklich abnehme. Die Dimensionen anderer Theile der Stange ergeben sich aus der Kenntniß der Dicke der Zapfen, und derjenigen der Stange alsdann von selbst.

Die oben stehenden Formeln sind aus denen abgeleitet, welche im I. Theile Abth. III. Art. 162 angegeben sind, wobei vorausgesetzt ist, daß die Stange lothrecht durch ein Gewicht gestoßen werde, welches eine Schwere von K Pfunden, und eine Geschwindigkeit s besitzt, auch in der Stange eine Biegung von 1 niederländischen Linie verursacht. Bei dieser Annahme bekommen sie eine hinlängliche Dicke, um sich nicht zu stark zu biegen, wenn sie durch den Druck schräg niedergedrückt werden, außer daß sie für diesen Fall in der Mitte auch an Dicke zunehmen.

b) Wenn die abwechselnde geradlinige Bewegung in einiger Entfernung von der kreisförmigen Bewegung stattfinden soll, so kann man dieselbe in allen Richtungen, in allen Ebenen und in allen Entfernungen mittelst einer kreisförmigen Bewegung fortpflanzen. Denn wenn man die Kurbelstange AB Fig. 250 auf das Ende B eines Hebels BC wirken läßt, so wird das andere Ende C das Hin- und Hergehen der Kurbelstange offenbar einem Körper in einer Richtung pq mittheilen, welche keineswegs durch den Mittelpunkt M der Welle der Bewegung läuft.

Auf eine ähnliche Weise werden die Pumpenstangen ab und cd Fig. 251 tief gelegener Pumpensätze in Bergwerken bewegt, wenn die bewegende Maschine, (welche z. B. eine Dampfmaschine ist) in einiger Entfernung vom Schachte liegt.

Die Pumpenstangen sind nämlich an Ketten geschlossen, welche über einen Kreisbogen cAa hängen, dessen Halbmesser der Arm eines Hebels ASB ist, welcher sich um eine horizontale Welle S dreht. Wenn dieser Hebel abwechselnd kreisförmig bewegt wird, so müssen die Pumpenkolben in einer vertikalen Richtung abwechselnd emporgezogen werden, und durch ihr Gewicht so wie dasjenige der Stangen wieder niedergehen. Diese abwechselnde kreisförmige Bewegung kommt von der umlaufenden Bewegung einer Welle (welche in Umlauf gesetzt wird durch die bewegende Maschine), die an dem einen Ende eine Kurbel K trägt, welche einen horizontalen Balken, oder eine Stange CB hin- und hergehen läßt, und also den Arm BS, mit welchem die Stange CB durch eine Gabel B verbunden ist, hin- und herdreht.

In Fig. 252 ist ebenfalls dargestellt, wie ein Pumpenkolben G abwechselnd bewegt werden kann

durch eine Kurbel AB, welche in einiger Entfernung von der Pumpe (in geringerer Entfernung als im vorhergehenden Falle) beständig nach einerlei Richtung umgedreht wird. Die Einrichtung ist hier jedoch auf eine ganz besondere Weise modificirt, denn die Kurbelstange BC wirkt nicht unmittelbar auf den Hebel ESF, sondern auf eine Stange ED, die mit einer Rolle D auf einer schiefen Fläche HI aufruht, die durch eine Schraube in verschiedene Grade der Schrägheit gestellt werden kann. Diese Stange wird also durch die Kurbelstange auf der schiefen Fläche emporgeführt und bewegt zugleich den Hebel und den Pumpenkolben, wobei man die Schrägheit der Fläche HI so stellen kann, daß in den vortheilhaftesten Ständen der Kurbelstange die Stange ED unter dem kleinsten Winkel, und also am vortheilhaftesten auf den Hebel ES wirkt, und daß der Hebel am bequemsten durch ED umgedreht wird, wenn die Kraft an der Kurbel das größte Vermögen ausüben muß. Durch diese gegenseitigen Wirkungen werden die großen Unregelmäßigkeiten der Bewegung großentheils vernichtet.

Um die Bewegung in eine andere Ebene fortzupflanzen, hat man nichts anderes zu thun, als Fig. 253 die Kurbelstange AB auf einen gebogenen Hebel BC wirken zu lassen, dessen Unterstützungspunkt S außerhalb der Ebene der Bewegung gebracht ist. Der andere Arm C dieses Hebels soll dann die abwechselnde Bewegung in eine andere Ebene fortpflanzen, wie dieses mit Seilrollen und Kniestücken der Fall ist, die man nur unter einen andern Winkel zu stellen braucht, um die Richtung der Bewegung nach einer andern Ebene zu wenden.

Fig. 254 stellt dieselbe Art der Fortpflanzung dar; dabei ist jedoch vorausgesetzt, daß die Entfernung AB sehr groß sey, z. B. 20 Ellen und mehr

betrage, so daß die Kurbelstange aus verschiedenen an einander gekoppelten Stangen Aa, ab, bc u. s. w. besteht, welche durch Gelenke an Querhauptstücke oder Balanciers ae, bf, cg u. s. w. verbunden sind, welche sich um die festen Unterstützungspunkte s drehen können, so daß die verschiedenen Theile ab, bc u. s. w. bei a, b, c u. s. w. überall die erforderliche Unterstützung haben, und die ganze Zusammensetzung von Rahmen abfe, bcgf u. s. w. mit der Stange Aa abwechselnd hin- und herschwankt.

Auf diese Weise werden manchmal einige Pumpenkolben G durch ein Wasserrad bewegt, mit dessen Welle die Kurbel A sich umdreht, sobald nämlich die Pumpen in ansehnlicher Entfernung vom Wasserrade liegen.

Wenn man durch eine Kurbel AB Fig. 255 einem Kreisstück aBC, welches sich um einen Zapfen S dreht, eine abwechselnde kreisförmige Bewegung giebt (in derselben oder in einer andern Ebene, als in derjenigen der Kurbel AB und der Stange BC), so kann man einen Körper PQ in jeder Richtung und mit einer andern Geschwindigkeit als derjenigen der Bewegung der Kurbelstange BC abwechselnd bewegen mittelst des excentrischen Theiles abc, wofür man auch zwei geradlinige schiefe Flächen anwenden kann, wenn es nicht auf die Regelmäßigkeit der Bewegung ankommt.

c) Auf dieselbe Welle können zwei und mehr Kurbeln aufgezogen werden, um zwei und mehr Körper zu gleicher Zeit abwechselnd zu bewegen. Im Falle die Welle an zwei Punkten mit Krummzapfen ausgestattet ist Fig. 256, nennt man dieses auch den doppelten Krummzapfen, und man spricht von einem dreifachen Krummzapfen oder

einer **Kurbel mit drei Armen**, wenn die Welle wie in Fig. 277 an drei Stellen gekröpft ist.

Die Richtung, in welcher diese Kurbeln zu einander stehen müssen, wird häufig durch besondere Umstände sehr modificirt, jedoch müssen im Allgemeinen die beiden Kniee der doppelten Kurbel in derselben Ebene und in genau entgegengesetzten Richtungen angebracht seyn (siehe Fig. 256). Die Arme der dreifachen Kurbel müssen in drei Ebenen zu einander liegen, welche einen Winkel von 120° mit einander machen, so daß, wenn man die Welle mit diesen Krummzapfen von der Seite betrachtet, Fig. 258, die drei Kröpfungen A, B, C in den Winkelpunkten eines gleichseitigen Dreieckes ABC liegen müssen, welche Punkte A, B und C deshalb den Kreisumfang, in welchem sie liegen, in drei gleiche Bogen AB, BC und AC theilen muß, von denen jeder 120° mißt, und so den Winkeln AMB, BMC, CMA, welche die drei Arme mit einander bilden, ihr Maaß giebt.

Auf diese Weise werden die drei Lasten natürlich viel regelmäßiger bewegt, als wenn diese Arme keine regelmäßige Stellung hätten, da sie nun an jeder Seite der Welle mehrmals gleiche Hebelarme bekommen und die Vermehrung der Hebelarme an der einen Seite durch die Kraft weniger empfunden wird, wegen der gleichzeitigen Verminderung oder Abnahme des Armes einer folgenden Kurbel an der andern Seite.

Wenn die Lasten von der Art sind, daß sie sowohl beim Emporsteigen, als beim Niedersteigen denselben Widerstand darbieten, so muß die Kraft beständig drei Lasten bewegen, von denen jede einen mittlern Hebelarm = beinahe $\frac{2}{3}$ der Länge der Kurbel hat, und also hat sie (was auf eins hinausläuft) **eine** Last zu heben, welche an einem **drei**-

fachen Hebelarme wirkt $= 3 \cdot \frac{2}{3}$ AM = zweimal die Länge der Kurbel (vorausgesetzt, daß die Lasten gleich schwer sind).

Wenn jedoch die Lasten nur Widerstand darbieten, wenn sie gehoben werden (was z. B. der Fall seyn würde bei den Kolben von drei Pumpen, die beim Emporziehen nur Wasser heben und durch eigne Schwere ohne Widerstand und auch, ohne die Kraft zu unterstützen oder zu erleichtern, wieder niedergehen), so werden abwechselnd an der einen Seite der Welle eine oder zwei Lasten gehoben werden, und an der andern Seite werden zwei oder eine niedergehen, während in manchen Ständen (z. B. in demjenigen, den die Figur angiebt) eine Last B an der einen Seite gehoben wird, eine andere C an der entgegengesetzten Seite niedergeht, und die dritte A, welche sich in dem höchsten oder in dem tiefsten Stande befindet, weder steigt, noch fällt.

Dieses besondere oder vereinte Heben der Lasten mit veränderlichen Hebelarmen bewirkt, daß die Kraft veränderlichen Widerstand erfährt. Dieser Widerstand ist jedoch nicht so veränderlich, als bei der einzelnen Kurbel, die nur *eine* Last hebt. Durch Berechnung findet man, daß der mittlere Widerstand, welcher bald einmal durch eine, und bald einmal durch zwei Lasten zu gleicher Zeit verschiedenen Hebelarmen dargeboten wird, hinausläuft, *auf das anhaltende Heben von nur einer der Lasten, welche auf einen Hebelarm drückt, der $\frac{19}{20}$ der Länge der Kurbel gleich ist.* Dieses tritt jedoch streng genommen nur dann ein, wenn die Lasten senkrecht niederhängen und also nicht, wenn sie durch Kurbelstangen schräg gezogen werden, es müßte denn die Länge dieser Stangen im Verhältnisse zu derjenigen der Kurbel beträchtlich seyn.

d) Wegen des ungleichen Widerstandes der Last, welche durch eine Kurbel bewegt wird, wird die Kraft bald eine größere, bald wieder eine geringere Umdrehungsgeschwindigkeit erzeugen, die eine unregelmäßige Bewegung zur Folge haben kann, es müßten denn die Theile, welche bewegt werden, eine solche Masse und Geschwindigkeit besitzen, daß ihre Trägheit diese geringere Unregelmäßigkeit verhindert. Im entgegengesetzten Falle wird häufig ein Schwungrad nothwendig. Man muß hierin jedoch noch Fälle unterscheiden:

1) Wenn die Last in beiden Richtungen ihrer Bewegung immer denselben Widerstand darbietet, dann nimmt man an, daß sie an einem mittlern Hebelarm = $\frac{2}{3}$ der Länge der Kurbel wirke; wenn dann die Kurbel Fig. 259 in dem Stande MA oder PM ist, daß der Hebelarm AG oder Bg = $\frac{2}{3}$ MA oder = $\frac{2}{3}$ MD ist, so werden die Drucke von Kraft und Last sich einander im Gleichgewichte halten, und wenn nun keine Trägheit vorhanden war, so kann die Kraft die Kurbel unmöglich weiter führen, als z. B. nach B, weil weiterhin z. B. in D der Hebelarm der Last größer wird, als derjenige (Bg), durch welchen das anzuwendende Vermögen der Kraft regulirt wird. Vermag nun die Trägheit der Theile wenig auszurichten, so ist ein Schwungrad erforderlich, um die Kurbel durch den Bogen AB (der größer als 90° erfunden werden wird) zu führen, und ferner zu verhindern, daß eine beschleunigte Bewegung entstehe, wenn die Kurbel durch den Bogen AEH geführt wird, und der Hebelarm der Last gegen E hin abnimmt, und von da nach H hin wieder zunimmt.

Das Flugrad oder Schwungrad muß dann mit wenig Kraftverlust eine solche Quantität der Wirkung besitzen, daß es die Last ohne die Wirkung der Kraft durch den Raum AB führt. Der Theil AB

des Umganges ist beinahe 90° = ¼ Umgang; wenn nun z. B. das Schwungrad durch diese besondere Wirkung nur $\frac{1}{10}$ seiner Schwungkraft verliert, so ist dieser Verlust unbedeutend und die Verminderung in der Geschwindigkeit der Bewegung wird alsdann unmerklich seyn, und zwar um so mehr, als doch immer durch die erste Wirkung der Kraft Bewegung entstanden ist, in welcher die Theile der Maschine zu beharren streben, so daß das Schwungrad durch diese vorhandene Kraft der Trägheit immer unterstützt wird. Wenn man dann dem Schwungrade solche Dimensionen giebt, daß dasselbe 2½ Umgänge vollenden kann, wenn die Kraft zu wirken aufhört, so wird der Verlust an Kraft für ¼ Umgang seyn

$$= \frac{1}{4} \times \frac{1}{2\frac{1}{2}} = \frac{1}{10}.$$

In der Formel:

$$b^3 = 41{,}4 \times \frac{h m K}{n A},$$

welche in dem vorhergehenden Kapitel §. IV. Art. 20 für die Bestimmung der Dimensionen eines Schwungrades angegeben ist, muß man also statt m setzen 2½, wodurch sie wird:

$$d^3 = 103{,}5 \times \frac{h K}{n A};$$

in dieser Formel sind die Längenmaaße in Palmen genommen; d bezeichnet den mittlern Durchmesser des Schwungrades; h den Hebelarm der Kraft, welche einen Druck von K Pfunden ausübt; n die Zahl der Umgänge der Welle M in der Minute, und A den Inhalt des Felgendurchschnittes des Schwungrades in Quadratpalmen.

2) Wenn die Last nur in einer Richtung der abwechselnden Bewegung Widerstand darbietet, so

wird die Kraft nur während der Hälfte CBDAE des Umganges der Kurbel diesen Widerstand erfahren, und während der andern halben Umdrehung EFC unbehindert seyn, deshalb mit ihrem ganzen Moment die Bewegung fördern. Hat man nun die Quantität des Druckes der Kraft bestimmt, in der Voraussetzung, daß die Last an einem mittlern Hebelarme = $\frac{2}{3}$ Länge der Kurbel wirkt, so wird sie hinlänglich vermögend seyn, die Bewegung fortsetzen zu können, während die Kurbel von B nach A sich fortbewegt.

Gleichwohl kann es sich dann ereignen, daß sie die Bewegung in dem halben Umfange EFC zu sehr beschleunigt, und dann wird es nothwendig, ein Schwungrad der Welle M zu geben, welches blos das halbe Kraftvermögen desjenigen besitzt, über dessen Dimensionen im vorhergehenden Falle so eben gehandelt worden ist. Die Dimension dieses Schwungrades muß alsdann bestimmt werden durch die Formel

$$d^3 = 51{,}75 \frac{HK}{nA}.$$

Aber häufig wird man ein solches Kraftvermögen weder zur Hand haben, noch bedürfen, um den erwähnten Effect zu erlangen; denn während die Kraft (die man sich auf einen Augenblick am Ende A der Kurbel, senkrecht auf dieselbe wirkend, denken muß) einen ganzen Umkreis 6,2832 · MA beschreibt, bewegt sie die Last nur einmal durch einen Raum, welcher gleich ist der doppelten Länge der Kurbel = 2MA, und man hat dann folgende Proportion Kraft : Last = 6,2832 · MA : 2MA = 6,2832 : 2; der mittlere Hebelarm der Kraft und der Last verhalten sich also beinahe zu einander wie 6 zu 2, oder wie 3 zu 1, woraus sich ergiebt, daß,

wenn die Last während der ganzen Umdrehung der Welle Widerstand darböte, ihr mittlerer Hebelarm nur $\frac{1}{3}$ der Länge der Kurbel betragen müßte, um auf diese Weise durch denselben Raum gebracht zu werden, durch welchen sie jetzt während einer halben Umdrehung geführt wird. Wenn man nun in dieser Voraussetzung das Vermögen K der Druckkraft bestimmt, so wird die Last mit ihr bereits das Gleichgewicht herstellen, wenn die Kurbel in einem solchen Stande MI ist, daß der Hebelarm Ia (= Mb) der Last (welche man sich senkrecht niederwärts hängend denken muß) $\frac{1}{3}$ der Länge MD der Kurbel beträgt. Dieses findet statt, wenn der Bogen CI beinahe 20° beträgt, so daß die Kraft vom Punkte I bis an den gegenüberliegenden Punkt L hin die Last beständig an einem größern Hebelarme heben muß, was sie natürlich nicht im Stande seyn wird, es müßte denn durch ihre freie unbehinderte Wirkung von E durch H, F bis C die Quantität der Wirkung so angehäuft seyn, daß die Bewegung von I durch D bis A ausdauern kann.

Ohne Schwungrad kann dieses jedoch nicht immer mit der erforderlichen Regelmäßigkeit geschehen, und dieses um so mehr, da die Last jedesmal in einer entgegengesetzten Richtung ziemlich aus einem Zustande der Ruhe in Bewegung gebracht werden muß. Dieses Schwungrad muß alsdann, der Geschwindigkeit der Welle M entsprechend, mit welcher sich dasselbe dreht, solche Dimension haben, daß es mit wenig Verlust an Quantität der Wirkung die Last durch den Raum IL führt, für welchen Zweck die Kurbel einen Bogen IBDL von 140° beschreiben muß.

Dieses Schwungrad muß alsdann, da 140° = $\frac{7}{18}$ Umfang sind, um nicht $\frac{1}{10}$ seines Kraftvermögens zu verlieren, während es $\frac{7}{18}$ des Umfanges be-

schreibt, 4 Umgänge machen können, ohne von der Kraft K einen Impuls zu erhalten; denn für einen Umfang verliert es dann beinahe $\frac{1}{4}$ seines Kraftvermögens, und also ($\frac{1}{4} \times \frac{7}{18} =$) beinahe $\frac{1}{10}$ während $\frac{7}{18}$ seines Umlaufes. Die Dimension dieses Schwungrades wird folglich berechnet durch die Formel

$$d^3 = 41{,}4 \cdot \frac{h m K}{n A} = 165{,}6 \cdot \frac{h K}{n A}.$$

Wenn man in demselben Falle, wie in dem so eben erwähnten, eine doppelte Kurbel anwenden würde, um zwei Lasten abwechselnd zu bewegen, so muß während jeder halben Umdrehung eine Last durch die Kraft fortbewegt werden, welche an einem mittlern Hebelarme von $\frac{2}{3}$ Länge der Kurbel wirkt, und wenn dann ein Schwungrad verlangt wird, so bekommt dieses dieselben Dimensionen als dasjenige, welches im ersten Falle erforderlich ist.

3) Da endlich die Kurbel mit drei Armen der Kraft einen sehr gleichförmigen Widerstand in jedem Augenblicke des Umlaufes der Welle der Kurbeln in der Art darbietet, daß der mittlere Hebelarm der Last sehr wenig von dem längsten Arme differirt (es beträgt die Differenz nur $\frac{1}{20}$), so wird für diese mechanische Einrichtung selten ein Schwungrad erforderlich seyn.

Ist jedoch, um die kleinen Unregelmäßigkeiten bei den Veränderungen der Richtung in der Bewegung der Lasten zu beseitigen, ein Schwungrad erforderlich, so braucht dasselbe in diesem Falle nur einen Impuls von der Kraft zu bekommen, wodurch es während eines Umlaufes in derselben Bewegung ausdauern kann, weshalb die Größe des Rades berechnet wird durch die Formel

$$d^3 = 41{,}4 \cdot \frac{h K}{n A}.$$

B. Die Anwendung der Kurbeln in Maschinen, um eine abwechselnde geradlinige Bewegung zu erzeugen, ist sehr mannichfaltig. Obschon die Bewegung, welche sie mittheilen, nicht mathematisch regelmäßig ist, so kann man dieselbe in den meisten Fällen anwenden, wo sonst Excentrica erforderlich sind, sobald die Kurbelstangen dann im Verhältniß zu den Kurbeln nur eine beträchtliche Länge haben. In diesen Fällen ist eine Kurbel wegen größerer Einfachheit in der Verfertigung einem Excentricum vorzuziehen, es müßte denn eine absolute regelmäßige Bewegung erfordert werden, oder bei dem schrägen Heben der Last mittelst einer Kurbel ein zu großer Widerstand durch Reibung erzeugt werden.

Unter den mannichfaltigen Anwendungen findet man die Kurbel gebräuchlich:

a) In den mechanischen Steinsägereien, um den Sägen eine hin- und hergehende Bewegung mitzutheilen.

b) Die Anwendung der Kurbel mit drei Armen in den gewöhnlichen holländischen Holzsägemühlen, um den Sägenrahmen auf- und niederzubewegen, ist sehr bekannt. Diese Mühlen sägen das Holz in der Richtung der Länge; die Sägenblätter haben einen vertikalen Stand, und das zu sägende Holz wird durch die Bewegung eines Schlittens, auf welchem dasselbe befestigt ist, gegen die Sägenblätter bewegt.

c) Man kann die Kurbel auf eine ähnliche Weise anwenden, um das Holz A Fig. 260 Nr. 1 in die Quere zu sägen, doch muß dasselbe alsdann unbeweglich auf dem Gestell BC liegen. Die Säge ZZ', wie eine gewöhnliche Spannsäge eingerichtet, wird durch einen Riegel ab zusammengehalten, und an zwei Ständern BE und CD hin- und herbewegt; sie schneidet durch eigne Schwere immer tie-

fer, so daß nur im Anfange einige Leitung nöthig ist, um sie in ihrer Richtung zu halten.

Die beste Art, eine solche Säge zu bewegen, wird darin bestehen, die Welle mit der Kurbel HF auf gleiche mittlere Höhe mit der Säge zu stellen, und so weit als nur möglich von derselben entfernt; ferner muß die Säge so gestellt werden, daß sie bei dem Rückgange der Stange FG (mit welcher sie durch ein Gelenk in Verbindung steht) in der Richtung von G nach F wirkt, während die Kurbel in der Richtung ed sich umdrehen muß; denn auf diese Weise wird die Säge durch die Zugstange GF während des Sägens gegen das Holz angedrückt, während sie im Gegentheil aus dem Schnitte mehr oder weniger gehoben werden muß, wenn die Bewegung der Stange GF in einer entgegengesetzten Richtung von F nach G stattfindet.

Hat man die Welle nirgends anders anbringen können, als an einem Orte über der Säge Fig. 260 Nr. 2, und muß die Säge nothwendig horizontal gerichtet seyn, so kann die Mittheilung der Bewegung nicht ohne Hülfe eines Winkelhebels LKG stattfinden. Das Ende G ergreift mit einer Gabel den Griff cd der Säge, und ist mittelst eines Bolzens in dem Schlitz cd angeschlossen, so daß die Säge in diesem Schlitze unbehindert herabsinken kann, und dabei doch immer genöthigt ist, der Bewegung des Hebels GKL zu folgen. Um auf diese Weise gehörig zu sägen, muß die Säge wirken, wenn der Arm KL durch die Kurbelstange EF niedergedrückt wird, und zum andern muß die Säge durch die Gabel G während der Arbeit nie gehoben, sondern eher niedergedrückt werden, für welchen Zweck der Drehungspunkt K so angebracht und der Arm KG so gebogen seyn muß, daß, wenn die Säge zu arbeiten beginnt, die Linie GK mit der Horizontal-

linie KL einen Winkel von weniger als 90° macht, z. B. einen Winkel von 80°.

d) Durch eine Kurbel wird bei den Kunstwebestühlen die Lade hin- und herbewegt, um den Einschlagfaden anzudrücken und gerade zu legen. Bei den Maschinen, deren man sich jetzt bedient, um die Kette für Weberstühle zu scheeren, wird die Kurbel ebenfalls auf eine vortheilhafte Weise angewendet, um eine Reihe von Bürsten hin- und herzubewegen.

e) Endlich, um sehr vieler anderer Zwecke, für welche man die Kurbel zur Erzeugung abwechselnder Bewegungen anwendet, nicht zu erwähnen, so erlauben wir uns jedoch noch eine Bemerkung über die Anwendung der Kurbeln, um große Kolben von Wasserpumpen, von Blas- oder Windpumpen u. s. w. zu heben.

In diesem Falle ist der Kolben der zu bewegende Körper; die Wände ab, cd Fig. 257 des Pumpenstiefels sind hier so zu sagen die Leitungen, zwischen welchen die Kolben geradlinig und abwechselnd bewegt werden müssen. Wie leicht sich nun auch das Gewerbe G, durch welches die Kurbelstange GF mit dem Kolben verbunden ist, drehen möge, so wird doch die schräge Richtung, in welcher die Kolbenstangen abwechselnd gezogen werden, eine Seitenreibung des Kolbens gegen einen Theil der Wand des Pumpenstiefels verursachen, welche hier um so nachtheiliger seyn muß, weil dieses eine Abnutzung des Kolbens zur Folge haben kann, die denselben für den Augenblick ganz unbrauchbar macht. In diesen Fällen nun, wo ein vollkommenes Schließen des Kolbens im Pumpenstiefel erfordert wird, muß der Kolben ganz senkrecht gezogen werden. Für diesen Zweck ersetze man die Kurbel durch ein gehöriges eisernes Excentricum E Fig. 261, welches die

Seiten AB und CD eines Rahmens abwechselnd und gerade in der Mitte auf- und niederführt; mit der unteren Seite dieses Rahmens steht die Kolbenstange st in Verbindung, während in derselben Richtung auch an die obere Seite AB ebenfalls eine Stange AB geschraubt ist, welche durch eine kupferne Hülse b läuft und also bewirkt, daß der Kolben vollkommen vertikal bewegt werden muß. Man kann zum Ueberflusse die Stange st auch noch durch eine Hülse a laufen lassen, doch ist dieses nicht absolut nothwendig, es müßte denn die Pumpe horizontal liegen. Die Wände des Rahmens sind unten mit Messing beschlagen und können in Folge der Abnutzung des Excentricums durch die Schrauben AC und BD einander näher gebracht werden, um wiederum an das Excentricum zu schließen.

Diese Einrichtung ist zwar complicirter, als die einer einfachen Kurbel und Kurbelstange, doch hat man nun keine Gelenke nöthig, um die Kurbel mit der Stange und diese mit dem Kolben zu verbinden, so wie auch der Zweck einer vertikalen und regelmäßigen Bewegung nun vollkommen erreicht wird, wodurch die Kraft dann auch weniger Widerstand erfährt u. s. w. Mittelst abwechselnder kreisförmiger Bewegungen kann man die vollkommen vertikale Bewegung eines Pumpenkolbens auf mehr als eine Weise erlangen, wie im vierten Kapitel §. III. angegeben wird, dieses setzt jedoch zugleich voraus, daß die Welle der kreisförmigen Bewegung nicht gerade über der Mitte des Kolbens liegt, so wie es in Fig. 261 der Fall ist. Gleichwohl läßt sich die vertikale Bewegung dann noch auf die Weise erlangen, daß man die Richtung der Bewegung der Kurbelstange mit Verbindungen von Scharnierstangen leitet. Doch kann man im Allgemeinen in Betreff dieser Zusammensetzungen die Bemerkung machen,

daß sie viel zusammengesetzter und weniger dauerhaft ist, als die so eben beschriebene, außer daß man mit derselben nie eine ganz regelmäßige und sanft abwechselnde Bewegung bekommt, welche der Kraft immer denselben Widerstand darbietet. Da jedoch Fälle eintreten können, in welchen man es vorzieht, diese Zusammensetzung eher als eine andere anzuwenden, so folgt hier die Beschreibung von zwei der vornehmsten Einrichtungen dieser Art.

Die Kurbelstange AB Fig. 262 steht in Verbindung mit der Stange BG, welche vertikal auf- und niederbewegt werden soll; das Ende B dieser Stange ist mit einem Gelenk an die Mitte einer Stange EC geschlossen, und diese letzte Stange EC ist durch Scharniere mit den Stangen DC und EF verbunden, welche bei D und F um zwei feste Zapfen sich drehen können. Wenn nun die Kurbel sich umdreht, so wird BG beinahe vertikal auf- und niedergehen, da sie durch die Verbindung von Scharnierstangen verhindert wird, aus dieser vertikalen Richtung zu kommen, wie schräg die Stange AB auch wirken möge. Man kann sich durch eine Construction leicht überzeugen, daß es möglich ist, die Zugstangen DC und EF nebst der Stellung der Drehungspunkte D und F so zu bestimmen, daß die Mitte B der Verbindungsstange CE beinahe eine gerade Linie beschreibt, während die Enden C und E in Kreisbogen sich bewegen, und dadurch wird man dann auch leicht den Grund der folgenden Regel finden, um die Länge einer der Stangen EF oder CD nebst dem Drehungspunkte dieser Stange zu finden, wenn die Länge der andern Stangen nebst dem zweiten Drehungspunkte nach Willkühr gegeben sind.

Es sey abc Fig. 263 die vertikale Linie, in welcher die Bewegung stattfinden soll; man nehme in dieser Linie drei Punkte a, b, c, deren Abstände ab und bc gleich sind der Länge der Kurbel, so kann man sich denken, daß in diesen Punkten das Ende der Stange BG nebst der Mitte der Verbindungsstange CE (Fig. 262) sich zu Anfang, in der Mitte und am Ende eines halben Umganges der Kurbel befinden. Es sey D der gegebene feste Drehungspunkt; man beschreibe aus demselben einen Kreisbogen, der zum Halbmesser hat die Länge der gegebenen Zugstange DC; man greife mit dem Zirkel die halbe Länge der Verbindungsstange und beschreibe mit dieser Oeffnung aus den Punkten a, b und c Kreisbogen, die den erst genannten Bogen in den Punkten C, C' und C'' schneiden; man ziehe die Linien CbE, C'aE', C''cE''; man mache aE' = bE = cE'' = der Linie aC' oder bC, oder cC'', so wird man leicht einsehen, daß die Punkte E', E und E'' die Enden der Verbindungsstange in den oben genannten drei Ständen der Kurbel seyn müssen. Da nun dieses Ende mit demjenigen der zweiten Zugstange sich dreht, und in einem Kreisbogen bewegt wird, so muß man endlich den Mittelpunkt F des Kreises bestimmen, welcher durch die Punkte E', E, E'' läuft. Der Halbmesser FE dieses Kreises wird dann die Länge der zweiten Zugstange, und der Mittelpunkt F der zweite feste Drehungspunkt seyn.

Findet man, daß die Construction der Stange EF eine zu kleine, oder eine zu große Länge giebt, und einen unschicklichen Ort für den Drehungspunkt F, so wiederhole man dieselbe auf die Weise, daß man den Stangen DC und CE ein anderes Maaß, oder auch dem Punkte D einen anderen Ort giebt. Mit wenig Schwierigkeit wird man auf diese Weise

gehörige Dimensionen für die Stangen finden, und es müssen die kurzen Stangen, so viel wie möglich vermieden werden.

Es leuchtet von selbst ein, daß die Enden der Stangen AB und BG mit Gabeln versehen seyn müssen, um einander gegenseitig, und auch die anderen Stangen zu umfassen, wie dieses in Fig. 262 Nr. 2 dargestellt ist. Statt dessen kann man die Stangen CD, CE und CF doppelt nehmen, so daß BG und AB Fig. 262 Nr. 3 zwischen denselben bewegt werden, obgleich diese Einrichtung viel weniger einfach und dauerhaft ist, als die vorhergehende.

Wenn man Fig. 264 die Stange BG an das Ende, und die Zugstange EF an einen Mittelpunkt der Verbindungsstange BC fügt, so kann man eine zweite Zugstange CD so anbringen, daß, da die ganze Zusammensetzung von Scharnierstangen sich um die Punkte D und F dreht, das Ende B beinahe eine vertikale gerade Linie beschreibt. Wenn die Lage dieser Linie nebst derjenigen eines der Drehungspunkte D oder F, und des Verbindungspunktes E gegeben sind, wie auch die Länge der Kurbelstange, der Verbindungsstange BC und einer der Zugstangen CD, oder EF, so kann man durch eine ähnliche Construction wie oben die Länge und den Ort des Drehungspunktes der zweiten Zugstange finden.

Fig. 264 Nr. 2 zeigt die Zusammensetzung der Scharnierstangen in einer horizontalen Projection.

30) Drittes Mittel. Die abwechselnde geradlinige Bewegung kann mit Hülfe von Räderwerk, welches vollständig mit Zähnen versehen ist, auf die folgende Weise erlangt werden:

a) Die Welle, um welche die kreisförmige Bewegung erfolgt, setzt ein Zahnrad A Fig. 265 in Bewegung, welches ein eben so großes Zahnrad B

umdreht. Die Wellen dieser Räder werden sich also mit derselben Geschwindigkeit, jedoch in entgegengesetzten Richtungen umdrehen; sie tragen zwei Kurbeln AC und BD, mit welchen die Kurbelstangen CE und DF verbunden sind. Der Körper, welcher abwechselnd geradlinig bewegt werden soll, ist durch eine Stange GH mit der Mitte eines horizontalen Stabes EF verbunden, welcher mit Gelenken E und F von den Kurbelstangen gehalten wird. Aus dieser Zusammensetzung ergiebt sich, daß die gleiche abwechselnde Bewegung der Kurbelstangen zur Folge haben müssen, daß der Stab EF sammt dem mit ihm verbundenen Körper abwechselnd auf- und nieder, oder hin- und herbewegt werden müsse, indem die Extension der Bewegung der doppelten Länge der Kurbel gleich ist.

Anmerk. Statt zweier Kurbeln kann man auch an die Umfänge der Räder zwei Kurbelwarzen C und D setzen, um welche die Stangen CE und DF geschlossen werden.

b) Mit zwei Zahnrädern von verschiedener Größe Fig. 266 kann man auf dieselbe Weise eine abwechselnde geradlinige Bewegung herstellen, jedoch die Extension dieser Bewegung und die Zeit, in welcher sie erfolgt, d. h. ihre Geschwindigkeit müssen nun anders werden, als im vorhergehenden Falle, wo ein Hin- und Hergang des Körpers und eine Umdrehung der Welle A in derselben Zeit vollendet worden. Wenn man die Durchmesser der Räder A und B, und die Länge der Stangen CE und DF zu einander verändert, so kann man zwischen den Geschwindigkeiten der umlaufenden Bewegung der Welle A und der abwechselnden geradlinigen Bewegung der Stange GH alle möglichen Verhältnisse herstellen. Es würde überflüssig seyn, hier anzuzeigen, wie man die Extension der abwechselnden Bewegung

und ihre Geschwindigkeit durch die Kenntniß der Geschwindigkeiten und der Größe der Räder A und B finden kann. Der Leser, der so weit die verschiedenen Folgerungen und Darstellungen gefaßt hat, wird darin keine Schwierigkeit finden, und es sind auch solche mechanische Zusammensetzungen, wie die eben beschriebene Fig. 265 und 266 eben nicht die vollkommensten, obschon man die erste Fig. 265 wohl auch im Großen in Dampfmaschinen angewendet findet, wie wir nachher sehen werden.

c) Wenn man an die Warze C einer Kurbel CM Fig. 267, welche sich mit einer Welle umdreht, ein Zahnrad ED setzt, dessen Zähne in diejenigen eines festen Ringes AB greifen, der inwendig seine Verzahnung hat, so wird sich das kleine Rad um diese Warze drehen, während es zu gleicher Zeit auch um die Welle M der Kurbel umgeführt wird. Dem zufolge, was in der ersten Abtheilung dieses Theiles über die Construction der Zähne des inwendigen Räderwerkes gesagt worden ist, muß ein Punkt vom Umfange des kleinen Rades eine Hypocycloide beschreiben, welche sich in eine gerade Linie umwandelt, wenn der Durchmesser des kleinen Rades gleich ist dem Halbmesser des großen. Findet dieses also statt, so muß der Punkt F am Umfange des kleinen Rades den Durchmesser FH während eines halben Umlaufes der Welle M beschreiben, und während der andern halben Umdrehung wird er wieder von H nach F kommen. Eine Stange FG, welche an einem Nagel F hängt, der aus dem Ringe ED hervorragt, wird abwechselnd geradlinig bewegt werden.

Auch dieser Zusammensetzung hat man sich im Großen bei Dampfmaschinen bedient, jedoch kann man dieselbe für diese und dergleichen Zwecke, wofür man sie anwendete, nicht als die einfachste und zweckmäßigste Einrichtung betrachten.

Obschon diese beschriebenen Mittel allein anwendbar scheinen für den Fall, daß die kreisförmige und die abwechselnd geradlinige Bewegung in derselben Ebene nahe bei einander stattfinden, so kann man sich doch derselben bedienen in jedem andern Falle, da man die ursprüngliche kreisförmige Bewegung mit Hülfe von Rädern und Wellen in solche Entfernung und in solche andere Ebenen fortpflanzen kann, daß sie in der Ebene der abwechselnden Bewegung mit derselben Geschwindigkeit, oder mit einer andern vor sich geht.

Diese Bemerkung ist auch bereits früher in Art. 28 gemacht worden, sie ist auch eben so gut auf dasjenige anwendbar, was nun folgen soll.

31) Viertes Mittel. So wie man die abwechselnde geradlinige Bewegung aus der kreisförmigen Bewegung ableiten kann, indem man eine zweite kreisförmige Bewegung zwischen beiden entstehen läßt, so kann man dieselbe auch hervorbringen mit Hülfe der abwechselnd kreisförmigen Bewegung von Zahnrädern, welche nur zum Theil gezahnt sind.

a) Eine sehr vernünftige, doch nicht immer gleich allgemein anwendbare Zusammensetzung, welche als Beispiel des so eben Gesagten dienen kann, ist diese: An der einen Welle D E Fig. 268 ist eine Scheibe zum Theil mit messingenen Treibstöcken versehen (weshalb sie die Gestalt eines Drillings besitzt, der nur auf einem Theile seines Umfanges mit Treibstöcken besetzt ist); auf diese Treibstöcke kann ein eisernes Getriebe C wirken, welches außerhalb der Unterstützungspunkte an dem Ende einer Welle ABC sitzt, die von anderem Räderwerk eine anhaltend kreisförmige Bewegung empfängt. Die Pfanne B dieser Welle kann in einem Schlitze, wie die Fig. anzeigt, verschoben werden. Für diesen Zweck

ist dann auch die andere Pfanne A von der ersten B entfernt, und hat nicht die Gestalt eines hohlen Cylinders, sondern eines hohlen abgestutzten Kegels, oder Trichters, dessen Basis nicht rund, sondern oval ist Fig. 168 No. 2. Wenn das Getriebe C die Scheibe E so weit umgeführt hat, daß es den letzten Treibstock H oder G dieser Scheibe faßt, so stößt die Welle A B gegen einen der runden Kragen a oder b einer vorragenden Platte I, welche an die Scheibe E geschraubt ist. Die Welle wird während des Drehens durch dieses Hinderniß und da das Getriebe noch auf den letzten Treibstock drückt, verschoben, wozu die freie Bewegung der Pfanne B in einem Schlitze die Gelegenheit giebt.

Aber auf diese Weise wird das Getriebe, welches z. B. erst außerhalb des Umfanges der Treibstöcke sich befand, in diesen Umfang gebracht, und wird nun inwendig oder auswendig auf die Stöcke wirken, wenn dasselbe erst inwendig gewirkt hat. Sobald dieses der Fall ist, verändert sich auch sogleich die Richtung der umdrehenden Bewegung, und wenn ein Getriebe R auf der Welle D E die gezahnte Stange H sammt einem mit derselben verbundenen Körper erst aufwärts geführt hat, so wird diese gezahnte Stange alsdann niederwärts bewegt werden, so daß aus der anhaltenden Umdrehung der Welle A B mit Hülfe einer abwechselnden kreisförmigen Bewegung eine abwechselnde geradlinige Bewegung erzeugt wird.

Man kann diesen Mechanismus nur im Kleinen anwenden, wenn z. B. der Halbmesser des Getriebes zwei Zoll und derjenige der Scheibe 8 bis 10 Zoll beträgt; denn für größere Dimensionen können vorerst die Zähne des Getriebes, sowohl auswendig, als inwendig nicht regelmäßig auf die Stöcke der Scheibe wirken, da sie für die auswendige Wir-

kung eine ganz andere Gestalt, als für die inwendige haben müssen (diese beiden Formen sind jedoch im Kleinen wenig von einander verschieden und können deshalb für beide Wirkungen dienen). Sodann hat das Verschieben der Welle große Schwierigkeiten, wenn diese Welle nicht leicht und die Quantität des Verschiebens nicht gering ist. Die Bewegung muß auch äußerst langsam seyn, damit die Wirkung regelmäßig und das Verschieben der Welle A B ohne Schwierigkeit stattfinde.

Wie sinnreich auch nun diese Einrichtung seyn möge, so kann man dieselbe jedoch immer durch einfachere, oder auch durch bessere Mittel, z. B. durch Excentrica ersetzen. Dieselbe ist angewendet in den neuern Baumwollenspinnbänken, um der Bank, welche die Spindeln trägt, eine sehr langsame auf- und niedergehende Bewegung zu geben, damit die ausgezogenen Baumwollenfäden regelmäßig von oben nach unten, und von unten nach oben auf die Spulen sich wickeln.

b) Wenn ein Rad A Fig. 269, welches blos zum Theil gezahnt ist (es kann dasselbe übrigens ein Stirnrad oder ein Kegelrad seyn) auf ein anderes Zahnrad B wirkt, so muß ein Körper D mittelst der Haspel an der Welle des Rades B (oder auch mittelst einer gezahnten Stange u. s. w.) so lange geradlinig bewegt werden, als die Zähne von A diejenigen von B noch nicht verlassen haben; jedoch hernach wird das Rad A das Rad B nicht zurücktreiben können, um den Körper D in einer entgegengesetzten Richtung zu bewegen.

Es wird jedoch abwechselnde geradlinige Bewegung stattfinden, wenn der Körper D durch eigne Schwere, durch eine Feder u. s. w. niedersteigen und zugleich die Welle C mit umdrehen kann, indem das Rad B sich ungehindert am ungezahnten

Theile des Rades A vorüberdrehen kann. Ist A nach dem Herabsteigen von D so weit herumgeführt, daß seine Zähne wieder in diejenigen des Rades B greifen, so wird auf diese Weise eine ununterbrochene abwechselnde geradlinige Bewegung stattfinden, mit Hülfe einer abwechselnden kreisförmigen Bewegung. Mit zwei Wellen und Rädern C, E und B, F können also zwei Lasten D und G wechselsweise gehoben werden, und so auch noch mehr Lasten.

Um den Körper D ohne Schwere oder Federn zurückzuführen, kann man ein zweites Rad F anwenden, welches durch ein Seil, das über zwei Leitscheiben m und n läuft, die Last D in einer entgegengesetzten Richtung bewegt. Das Rad A muß dann sogleich auf F zu wirken beginnen, nachdem dessen Zähne diejenigen des andern Rades D verlassen haben, es müßte denn zwischen beiden Bewegungen ein Verzug stattfinden.

Wenn man die Räder anders zu einander stellt, andere Richtungen der Bewegung voraussetzt und aus der abwechselnden kreisförmigen Bewegung auf andere Art die geradlinige Bewegung ableitet, so kann man verschiedene Einrichtungen der beschriebenen Art aussinnen, über welche im Allgemeinen bemerkt werden muß, daß sie nur für langsame Bewegungen dienen können, indem sonst die Zähne der Räder Gefahr laufen, zu zerbrechen ꝛc.

32) Fünftes Mittel. Wenn man zum Theil gezahnte Räder auf gezahnte Stangen wirken läßt, so werden sie diesen gezahnten Stangen sammt den mit denselben verbundenen Körpern eine abwechselnde geradlinige Bewegung geben.

a) Dieses leuchtet von selbst ein, wenn Fig. 270 und 271 die gezahnte Stange, oder die Last L durch eigne Schwere, oder durch Gegengewichte, Federn

u. s. w. zurückgeht, nachdem die Zähne des Getriebes aufgehört haben, die Zähne der gezahnten Stange fortzubewegen.

Wenn die Bewegung ohne Zwischenräume der Ruhe stattfinden soll, so müssen die ungezahnten Bogen des Getriebes eine solche Extension haben, daß sie eben noch vor der gezahnten Stange vorbeigehen, während diese zurückläuft. Soll, nachdem die gezahnte Stange ihren Lauf in einer entgegengesetzten Richtung vollendet hat, ein Zwischenraum der Ruhe verlaufen, so muß die Extension der genannten Bogen verhältnißmäßig größer genommen werden.

Man hat dieses Mittel zwar einmal angewendet Fig. 270 auf das Heben der Schießer in Stampfwerken, jedoch ist die Einrichtung immer mangelhaft, indem die Zähne des Getriebes und der gezahnten Stange in einander niemals ohne einen Stoß eingreifen, wie langsam die Bewegung der Welle sonst auch seyn möge. Schwere Schießer werden wenigstens viel besser gehoben werden mit Daumen, denen man immer eine hinlängliche Stärke geben kann, um den Stoß auszuhalten.

b) Um die gezahnte Stange allein durch Maschinen auf- und nieder, oder hin- und herzubewegen, muß man auf dieselbe abwechselnd zwei gleiche Getriebe A und B Fig. 272 wirken lassen. Jedes dieser Getriebe ist beinahe zur Hälfte seines Umfanges gezahnt, sie sitzen jedoch in entgegengesetzten Richtungen auf ihren Wellen, so daß, wenn der gezahnte Theil des einen Getriebes nach oben gerichtet ist, derjenige des andern Getriebes die Richtung nach unten besitzt. Bei dieser Stellung muß nun, wenn die Wellen A und B durch zwei gleich große Räder oder Scheiben mit einem Riemen ohne Ende in Umlauf versetzt werden, die abwechselnde geradlinige Bewegung der gezahnten Stange aus

der abwechselnden Wirkung beider Getriebe hervorgehen.

c) Denselben Effect bekommt man mit einem halb gezahnten Getriebe A Fig. 273, welches wechselsweise auf zwei gegenüber liegende Zahnstangen Hh und Ii wirkt, die nur ein Stück ausmachen und mit denen die Stäbe Bb und Cc, die abwechselnd geradlinig bewegt werden sollen, verbunden sind. Die beiden gezahnten Stangen müssen zu einander so gestellt werden, daß die Zähne der einen ergriffen werden, wenn die der andern von den Zähnen des Getriebes verlassen werden. Für diesen Zweck muß das Getriebe bis auf etwas weniger als seinen halben Umfang gezahnt werden (so daß es z. B. einen Zahn weniger hat). Es findet dann zwischen der Abwechselung der Bewegung eine kurze Pause statt, die jedoch vermieden werden kann, wenn man dem Getriebe noch einen Zoll a giebt, welcher auf den letzten folgt, jedoch außerhalb der Ebene der übrigen Zähne, d. h. etwas tiefer liegt. Beide Zahnstangen müssen dann ebenfalls noch einen Zahn a' erhalten, und zwar außerhalb der Ebene der übrigen, so daß dieselbe unten oder an der Gegenseite des Stabes der gezahnten Stange liegt. Der hinzugefügte Zahn a des Getriebes wird dann allein auf die hinzugefügten Zähne a' der gezahnten Stangen in der Zwischenzeit wirken können, wo die erste Zahnstange von den Zähnen des Getriebes verlassen ist, und ehe noch die Zähne der zweiten Zahnstange ergriffen werden.

Auf diese Weise wird die Abwechselung der Bewegung ohne Verzug stattfinden und die Extension derselben wird dann beinahe gleich sein dem halben Umfange des Getriebes. Sind die Zahnstangen so gestellt, wie in Fig. 274, so ist die Form des Werkzeuges nur einigermaßen verändert, der Ef-

fect bleibt jedoch immer derselbe. Man kann auch die Zähne der Zahnstangen durch Rollen oder Triebstöcke ersetzen, die zwischen zwei Riegeln angebracht sind und sich frei um ihre Axen drehen können.

d) Man kann denselben Effect erlangen, jedoch auf eine Weise, welche wegen Einfachheit und Dauerhaftigkeit sich mehr eignet, im Großen angewendet zu werden, wenn man nämlich statt eines Getriebes und zwei gezahnter Stangen Daumen und Hebelatten Fig. 275 anwendet; die Daumen der Welle werden alsdann abwechselnd wirken auf die zwei Hebelatten a und b am Rahmen A B C D; und dieser Rahmen wird sammt dem mit ihm verbundenen Körper abwechselnd geradlinig bewegt werden.

Ohne einen Rahmen anzuwenden, bekommt man noch denselben Effect, Fig. 276, wenn man dem Stabe S T zwei Hebelatten Q und P giebt. Die Daumen A, B, C u. s. w. werden dann nach einander auf die Hebelatte Q wirken und eine Bewegung des Stabes in der Richtung P Q T herstellen. Sobald nun ein Daumen die Hebelatte Q verlassen hat, dreht der folgende Daumen C den Hebel D E F, und der Arm F dieses Hebels, an welchen die Hebelatte P zu gleicher Zeit gelangt ist, beginnt dann auf dieselbe zu wirken und führt sie mit dem Stabe S T in der Richtung T Q P zurück, welche Bewegung so lange anhält, bis der Daumen C am Arme E D vorübergegangen ist und denselben verläßt. Der Hebel fällt dann zurück auf einen folgenden Daumen B, und in demselben Augenblicke wird die Hebelatte Q wieder von einem Daumen der Welle M ergriffen, so daß die Bewegung von S T mit sehr kurzen Zwischenräumen abwechselnd geradlinig ist.

In dieser Zusammensetzung wendet man deshalb eine abwechselnde kreisförmige Bewegung an; mit derselben erlangt man nicht die Regelmäßigkeit der Bewegung, wie mit der vorhergehenden Zusammensetzung Fig. 275, die in gewissen Hinsichten einfacher ist; aber der Stab S T Fig. 276 wird weniger an seinen Leitungsstücken gerieben werden, da die Hebelatten P und Q gerade in der Richtung ihrer Länge liegen.

Beide Zusammensetzungen wird man in Maschinen von mittelmäßiger Größe nicht anwenden dürfen, sobald die Geschwindigkeit der abwechselnden Bewegung mehr als mäßig ist. Man hat die erste Zusammensetzung Fig. 275 benutzen wollen, um die Steinsägen in Bewegung zu setzen, welche bekanntlich langsam bewegt werden. Es giebt indessen noch mehrere zweckmäßige Mittel, wie z. B. Kurbeln oder die Zusammensetzung Fig. 261, um Steinsägen durch eine anhaltende kreisförmige Bewegung hin- und her zu führen, so daß die Veränderung der Richtung der Bewegung unmerklich, ohne einen Stoß der Daumen gegen die Hebelatten u. s. w. stattfindet.

Mit einem völlig gezahnten Getriebe kann die abwechselnde geradlinige Bewegung auch hervorgebracht werden. Die gezahnten Stangen, auf welche das Getriebe R Fig. 277 und 278 wirkt, müssen alsdann durch zwei gezahnte halbe Kreise C und D vereinigt werden, und die Axe des Getriebes muß in einem Schlitze A B auf- und niedergehen können, wenn die Richtung der Bewegung der doppelten Zahnstange sich verändern soll.

Wenn das Getriebe mit hinlänglicher Kraft in Bewegung gesetzt wird, so wird die Verrückung seiner Axe wegen des Druckes seiner Zähne auf dieje-

nigen der halben Kreise C und D Fig. 277 erfolgen, so daß das Getriebe so zu sagen gegen die Zähne dieser Halbkreise anlaufen, und also von der einen Zahnstange zur andern übergehen kann.

Wirkt das Getriebe auswendig auf zwei Zahnstangen Fig. 278, die durch zwei auswendig gezahnte Halbkreise verbunden sind, so erfolgt die Verrückung der Axe des Getriebes R durch zwei Federn V, V. Mit der gezahnten Stange C D sind nämlich zwei Hebelatten S, S verbunden, welche gegen diese Federn stoßen, sobald das Getriebe in die gezahnten Bogen C oder D greift. Diese Federn drücken also die gezahnte Stange gegen das Getriebe an und dieser Druck nebst der umdrehenden Bewegung des Getriebes lassen es im Schlitze A B fortschreiten und um die Bogen C und D umlaufen. Da diese Wirkung abwechselnd stattfindet, so muß das Getriebe auch bald auf diese, bald auf die entgegengesetzte Zahnstange wirken, und den Stab P Q abwechselnd geradlinig bewegen. Bei mittelmäßig großen, ja sogar bei leichten Maschinen wird jedoch keine dieser beiden Zusammensetzungen mit einem fortdauernd guten Erfolg angewendet werden können.

33) Mit den meisten im gegenwärtigen §. beschriebenen Mitteln wird die abwechselnde geradlinige Bewegung unmittelbar von der kreisförmigen Bewegung abgeleitet; man kann jedoch immer je nach den Zwecken und Umständen die kreisförmige Bewegung erst in eine andere Art der Bewegung umwandeln, aus welcher alsdann die abwechselnd geradlinige Bewegung abgeleitet werden kann. Auf diese Weise giebt es unendlich viele Zusammensetzungen, die in einem Lehrbuche allgemeiner Grundsätze und Regeln unmöglich angegeben werden können, was auch weniger Noth thut, weil man die ge-

nannten Zusammensetzungen mit Hülfe der hier aufgestellten Grundsätze leicht ausführen kann.

§. IV.

Angabe der Mittel, um durch eine anhaltende kreisförmige Bewegung eine abwechselnde kreisförmige Bewegung hervorzubringen.

34) Erstes Mittel. A. Excentrica. Auf dieselbe Weise, wie man die excentrischen Stücke benutzt, um abwechselnd geradlinige Bewegungen hervorzubringen, können sie auch angewendet werden, um abwechselnde kreisförmige Bewegungen mitzutheilen. Im vorhergehenden §. sind davon bereits Beispiele gegeben, siehe Fig. 214, 215, 217 bis 222, 236 und 238. In den Figg. 279 und 280 sind zum Ueberflusse noch zwei Modificationen des Excentricums angegeben. Das erste theilt in derselben Ebene abwechselnde kreisförmige Bewegungen einem Körper mit, welcher durch keine Schwere u. s. w. weder gegen das Excentricum hin, noch von demselben abwärts bewegt wird, und durch eine excentrische Rinne sowohl in der einen, als in der andern Richtung geleitet werden muß. In Fig. 280 wird die kreisförmige Bewegung rechtwinklig umgewandelt in eine abwechselnde kreisförmige Bewegung, wobei der Hebel durch das Excentricum nur emporgeführt wird, während eine Feder ihn niederdrückt, sobald ein Theil oder ein Zahn des Excentricums an demselben vorübergegangen ist.

In dem vorigen §. ist auch angegeben, wie man die Excentrica construiren muß (Fig. 213), damit die Kreisbogen, welche von den Enden des Hebels abwechselnd beschrieben werden, auch mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchlaufen werden. Man

kann durch eine ähnliche Construction die Form der Excentrica so bestimmen, daß nicht die Bogen, sondern ihre Sehnen mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit beschrieben werden. Auf diese Weise kann man einem Körper L Fig. 281, welcher bestimmt ist, in eine Rinne A B zu laufen und die Richtung der Sehne des Bogens a b c zu verfolgen, eine regelmäßig abwechselnde geradlinige Bewegung mittelst einer unregelmäßig abwechselnden kreisförmigen Bewegung mittheilen.

Soll sich die Geschwindigkeit während der Bewegung nach einem gewissen Gesetze verändern, so muß man das Gesetz oder die Regel desselben kennen und die Form des Excentricums noch nach derselben Regel, welche in §. III. vorgeschrieben ist, construiren.

Die Richtung der abwechselnden kreisförmigen Bewegung kann immer nach Willkür bestimmt werden, mag man nun einen andern Hebel als einen der ersten Art nehmen, oder Winkelhebel anwenden u. s. w.

Die in §. III. angegebenen Mittel, um die Bewegung auf große Entfernungen fortzupflanzen und dieselbe vielen Körpern zu gleicher Zeit mitzutheilen, sind auf den gegenwärtigen Fall in allen Hinsichten anwendbar.

B) In sehr vielen Maschinen müssen hauptsächliche wirkende Theile eine abwechselnde kreisförmige Bewegung von der anhaltend kreisförmigen Bewegung einer Welle mitgetheilt erhalten.

a) Dieses ist z. B. der Fall bei schweren Hämmern, die man auf Hammerwerken gebraucht zum Schmieden der Metalle, oder die man in einigen Papiermühlen anwendet, um das verfertigte Papier zu stampfen, in Lohmühlen, um die noch nicht gehörig fein gemahlne Rinde der Eichbäume

fernerweit zu zerkleinern; in einigen Walkmühlen, um das gewebte Tuch, ehe es genopt, geraubt und geschoren wird, zu walken u. s. w. Diese Hämmer haben für besondere Zwecke besondere Formen, worüber jetzt nicht gehandelt werden kann, indem hier nur als Beispiel für die praktische Anwendung angezeigt wird, auf welche Weise sie bewegt werden, oder bewegt werden können.

Es sey H Fig. 282 ein gewöhnlicher Grobschmiedhammer (welcher die Schwere von 50 bis 250 niederländischen Pfunden haben kann); H V dessen Stiel, durch dessen Mitte ein Bolzen S läuft, um welchen sich der Hammer in zwei Pfannen dreht. Der Hammer hat einen Schwanz, oder eine Hebelatte V, welche die Daumen a, a u. s. w. einer Scheibe niederdrücken, die auf einer Welle A sitzt. Sobald diese Daumen den Schwanz des Hammers im Punkte b verlassen, fällt der Hammer und wird auf diese Weise bald durch die Wirkung der Daumen, bald durch seine Schwere abwechselnd kreisförmig bewegt; die Daumen theilen deshalb die Bewegung in Zwischenräumen mit.

Man kann den Hammer auch von unten heben Fig. 283, so daß er dann mit seiner vollen Schwere und derjenigen des Stieles auf den Ambos fällt; dadurch wird der Stoß stärker, jedoch ist zum Heben des Hammers mehr Kraft erforderlich, indem er durch die Kraft wie ein Hebel der dritten Art bewegt wird. Die Form des Hammers Fig. 283 und die Art, denselben auf diese Weise zu bewegen, wählt man, wenn jeder Schlag des Hammers sehr kräftig seyn muß, wie es der Fall ist beim ersten Schmieden des Eisens, welches aus den Eisenerzen ausgebracht ist und die nöthigen Reinigungsprozesse erfahren hat; denn diese weichen Eisenklumpen müssen beim ersten Schmieden, ohne wieder glühend ge-

macht zu werden, sobald wie möglich die Haupteigenschaften eines guten dichten Eisens bekommen, und ihre noch übrigen Unreinigkeiten verlieren; sie müssen auch in diesen Zustand sobald wie möglich übergehen. Bleiben sie lange unter dem Hammer, so verkühlen sie so viel während der Arbeit; um deshalb in der kürzesten Zeit den Zweck zu erreichen, müssen die Schläge des Hammers sehr kräftig seyn und auf einander so geschwind wie möglich folgen. Deshalb darf man hier nicht auf Ersparung von Kraft sehen, was besser seinen Platz findet, wenn das Eisen nochmals in verschiedene Formen geschmiedet wird; denn dasselbe kann dann jedesmal wieder glühend gemacht werden, wenn es zu stark verkühlt ist, um es gehörig schmieden zu können. In letzterem Fall ist es auch zur Ersparung von Kraft zweckmäßig, den Hammer so zu bewegen, wie in Fig. 282 angegeben ist.

Man pflegt die Hämmer auch noch von unten zu heben, wie Fig. 284 in zwei Aufrissen angegeben worden ist, sobald nämlich die Welle A B nicht unter dem Hammer liegt, sondern längs demselben und mit ihm parallel läuft.

Auch kann man den Hammer noch von der Seite heben Fig. 284 No. 3, wenn die Welle bis an den Hammer reicht, jedoch nicht weiter.

In Bezug auf diese beiden Verfahrungsarten muß bemerkt werden, daß sie sehr mangelhaft sind, indem die Hämmer ganz oder zum Theil außerhalb der Richtung ihres Schwerpunktes (welche natürlich in der Ebene liegt, die mitten durch die Breite des Hammers und parallel seiner Länge läuft) gehoben werden. Dadurch wird nicht allein der Effect des Stoßes gehindert, sondern die Zapfenlager des Hammers erleiden bei den Schlägen starke Stöße und

zugleich einen sehr ungleichen und sehr nachtheilig wirkenden Druck.

Wenn man die Kraft berechnet, welche erforderlich ist, um, während der Hammer gehoben wird, das Gleichgewicht mit seiner Schwere herzustellen, versäume man nicht, den Widerstand der Reibung mit in Rechnung zu bringen; dieser wird beträchtlich seyn, wenn der Hammer von unten Fig. 283 gehoben wird. Sie besteht aus zwei Theilen:

1) Aus der drehenden Reibung der Welle in ihren Zapfenlagern, welche durch einen Theil vom Gewichte des Hammers gedrückt werden;

2) aus einer schleifenden Reibung der Daumen an der Hebelatte V des Hammers.

Durch die aufeinander folgende Wirkung der Wellfüße auf die Hebelatte oder das Kinn des Hammers entstehen Stöße, deren Effect ziemlich genau auf die Weise berechnet werden kann, welche in dem vorhergehenden §. bei der Betrachtung der Wirkung der Daumen auf die Hebelatten der Schießer befolgt worden ist. Diese Stöße nehmen jedoch sehr ab, wenn der Hammer auf eine zweckmäßige Weise gehoben wird. So sind z. B. die Stöße viel schwächer, wenn man den Hammer von unten hebt Fig. 283, als wenn man ihn von hinten hebt Fig. 282, da im ersten Falle der Hebekopf so zu sagen unter das Kinn geschoben wird, und der Hammer auf diese Weise allmählig steigt, während im zweiten Falle der Schwanz V auf einmal oder plötzlich niedergedrückt wird. Um den Effect von dergleichen Stößen im Allgemeinen zu vermindern, muß man, wie man es beim Heben der Schießer zu machen pflegt, die Masse der Welle und ihre Geschwindigkeit so groß wie möglich nehmen, damit die Stöße auf einander ohne große Zwischenräume folgen, und die Geschwindigkeit der Welle wenig Ver-

minderung erfährt. Die Anwendung eines Schwungrades ist deshalb auch beim Heben schwerer Hämmer meistentheils nothwendig.

Wegen der engen Grenzen, in welche die Erklärung der Anwendungen der Mechanik in diesem Theile geschlossen ist, können viele Einzelnheiten, auf welche man bei Anlegung von Hammerwerken achten muß, hier nicht erwähnt werden.

b) In großen Kattunfabriken wird der gedruckte Kattun nicht mit der Hand gewalkt, sondern durch Klopfstöcke von der Gestalt B D Fig. 285, welche gleich den Hämmern in Hammerwerken um einen Zapfen S abwechselnd kreisförmig bewegt werden. Diese Bewegung erhalten sie mitgetheilt von den Hebeköpfen einer Welle A, welche an den Enden mit metallenen Rollen C C versehen sind, während die Enden D der Arme der Klopfstöcke eine gehörige krummlinige Form haben, und mit Eisen beschlagen sind. Der Kattun K liegt unter den verschiedenen Klopfstangen auf einem Floß V V, welches im Wasser langsam hin- und herbewegt wird durch eine Kurbel, die sich mit einer horizontalen Welle langsam umdreht. Auf diese Weise werden die verschiedenen Punkte der Kattunstücken nach einander unter die Klopfstöcke gebracht und durch dieselben gewalkt.

c) Ein anderes Beispiel einer abwechselnden kreisförmigen Bewegung, die mit Zwischenräumen der Ruhe wirkt, findet man in einer Maschine, welche die Bestimmung hat, runde Löcher in eiserne oder kupferne Platten zu bohren, oder lieber zu drücken, und die sehr verschieden ist von einer andern für denselben Zweck, welche im ersten Theile Abth. II. Art. 134 beschrieben und Taf. IV. Fig. 173 dargestellt worden ist. Die erstere Maschine ist der Hauptsache nach in Fig. 286 dargestellt. Mit Hülfe

von Räderwerk, welches zwei Arbeiter in Bewegung setzen, die an einer Kurbel drehen, wird eine Welle A in stete Umdrehung versetzt; die Rollen SS, welche an den Enden zweier Arme oder Wellfüße AS sitzen, heben auf diese Weise den langen Arm EC eines Hebels CED, welcher zwischen zwei Rollen EF und HF um einen Zapfen E sich dreht, abwechselnd auf, während dieser Arm, nachdem die Rollen ihn verlassen haben, durch eigne Schwere wieder fällt. Der Arm DE des Hebels ist im Verhältnisse zum andern Arm EC sehr kurz. Deshalb beschreibt das Ende D einen kleinen Kreisbogen, welcher von einer geraden Linie nicht sehr verschieden ist, und welcher auf diese Weise dem Läufer f (welcher durch die Hülse g bewegt werden muß, um den Durchschlag h durch die Platte ik zu drücken) beinahe eine geradlinige Bewegung geben muß. Die Abweichung von einer geraden Linie kann gleichwohl noch so groß seyn, um den Läufer zu sehr seitwärts gegen die Wände seiner Hülse zu drücken, und um dieses zu verhüten, läßt man das Ende D nicht unmittelbar auf den Läufer drücken, sondern mittelst eines Bügels a, welcher mit dem Läufer fest verbunden ist, mit dem Hebel aber nur mittelst eines runden Bolzens, der hinlänglichen Spielraum in seinen Lagern hat, um eine vollkommen vertikale Stellung annehmen zu können.

An dem hintern Querhauptstück H ist eine stählerne schneidende Platte G befestigt; eine dergleichen Platte ist auch an der andern Seite des Armes EC angebracht und diese beiden Platten bilden die Blätter einer Scheere, welche durch die Bewegung des Armes CE über einander greifen, und zwischen welchen die Ränder eiserner und kupferner Platten ganz eben abgekneipt werden können. Dieses ist deshalb ein Beispiel von der Anwendung einer ab-

wechselnd kreisförmigen Bewegung in derselben Maschine.

d) Endlich giebt es noch ein merkwürdiges Beispiel der Veränderung der kreisförmigen Bewegung in eine abwechselnd kreisförmige Bewegung ohne Zwischenräume in denjenigen Rädern der Uhren, die mit scharfen Zähnen versehen sind, welche wie vortretende Theile oder schiefe Flächen eines Excentricums wirken, um die abwechselnden kreisförmigen Schwankungen des Pendels der Unruhe, sowohl an Extension, als an Dauer anhaltend zu machen und dadurch die so sehr erforderliche Regelmäßigkeit der Bewegung der Räder des Uhrwerkes auf das Genaueste zu bewirken.

35) Zweites Mittel. Kurbeln. A. In dem vorhergehenden §. kommen bereits Beispiele vor von der Veränderung der hin- und hergehenden Bewegung einer Kurbelstange in eine abwechselnd kreisförmige Bewegung, siehe Fig. 250 bis 255. Einige Modificationen dieses Mittels sind in Fig. 287 und 288 angegeben. In der letzten Figur entsteht aus der kreisförmigen Bewegung der Kurbel AB eine abwechselnde kreisförmige Bewegung einer andern Kurbel CD. Die Welle DE dieser Kurbel muß sich nun auch hin- und herdrehen und mittelst eines auf ihr sitzenden gezahnten Sectors dem Rade F eine abwechselnde kreisförmige Bewegung mittheilen.

Man bekommt auf diese Weise gleichwohl keine regelmäßige Bewegung, obschon sie von einer solchen wenig verschieden seyn wird, wenn man die beiden Kurbeln AB und CD so zu einander stellt, daß sie parallel laufen, wenn die Stange BC auf beide mit dem längsten Hebelarme wirkt. Es hält auch nicht schwer, die Extension der abwechselnden Bewegung zu bestimmen, wenn die Länge der Kurbel AB und

diejenige der Kurbelstange gegeben sind. Man braucht für diesen Zweck die Kurbel mit ihrer Stange nur in zwei Ständen zu zeichnen, welche am entferntesten und am nächsten dem Kreisbogen liegen, in welchem die abwechselnde kreisförmige Bewegung stattfinden soll. Diese Extension wird um so kleiner seyn, je kleiner die Kurbel AB im Verhältnisse zur Kurbel CD ist, so daß, wenn beide Kurbeln dieselbe Länge haben und parallel gerichtet sind, die abwechselnde kreisförmige Bewegung sich in eine anhaltend kreisförmige Bewegung umändert. Deshalb muß denn auch die umlaufende Kurbel kürzer seyn, als der Halbmesser des Bogens, der abwechselnd beschrieben werden soll.

Wenn man an eine Scheibe A Fig. 289 einen Stift B setzt, der in einem Schlitze des Hebels CSD oder CSD′ eingeschlossen ist, der seinen Drehungspunkt in S hat; oder wenn man in den genannten Schlitz die Warze einer Kurbel AB bringt, so wird dieser Hebel abwechselnd hin- und hergedreht werden, während die Scheibe A oder die Kurbel AB sich im Kreise drehen. Diese Bewegung des Hebels wird ungleichförmig seyn, und ihre Extension wird bestimmt durch den Winkel FSE, den die aus dem Drehungspunkte S gezogenen Linien SF und SE bilden; sie sind zugleich die Tangenten des Kreises, den die Kurbelwarze B beschreibt.

Die Figur zeigt noch an, wie man auf zweierlei Weise aus dieser abwechselnden kreisförmigen Bewegung eine abwechselnde geradlinige Bewegung der Körper oder Stäbe pq und rs bekommen kann, die jedoch eben so wenig als die Bewegung des Hebels regelmäßig seyn wird.

B. Die großen Scheeren in den Eisenfabriken werden durch die Umdrehung einer Kurbel AB Fig. 290 abwechselnd bewegt. Für diesen Zweck ist

der eine Kinnbacken F (in der Figur der hinterste) an einen festen Unterstützungspunkt befestigt; der andere E macht mit dem Arm DC ein Stück aus, welches um den Zapfen D durch die hin- und hergehende Kurbelstange BC auf- und zugedreht wird; letztere ist mit dem Arm DC durch einen Bolzen verbunden, um welchen sie sich drehen kann.

Wenn man durch eine Kurbel AB Fig. 291 ein Rad MD abwechselnd umdreht, und dieses Rad auf zwei gezahnte Stangen wirkt, so werden diese Zahnstangen natürlich gegenseitig abwechselnd auf- und niedergehen. Man hat diese Zusammensetzung angewendet, um die Kolben einer Luftpumpe durch eine anhaltende kreisförmige Bewegung auf- und niedersteigen zu lassen. Damit die Bewegung leicht und gleichmäßig dem Zahnrade mitgetheilt werde, muß an jeder Seite dieses Rades eine Kurbelstange CD Fig. 291 Nr. 2 an demselben Bolzen DD wirken.

Wenn D und F die äußersten Stände des Bolzens oder der Kurbelwarze D über dem horizontalen Durchmesser EM vorstellen, so wird die Hälfte der Linie DF die Länge der Kurbel seyn, deren Welle beinahe in der Richtung der Verlängerung dieser Linie DF angebracht werden muß, um die Wirkung der Kraft so gleichmäßig wie möglich zu machen. Diese Wirkung wird jedoch immer noch ungleichmäßig bleiben, und man wird die Arbeit des Pumpers durch die beschriebene Einrichtung nicht viel mehr erleichtert haben, als wenn er, wie es gewöhnlich geschieht, die Pumpen durch eine wirkliche abwechselnde Bewegung der Welle des Rades MD in Thätigkeit treten läßt. In diesem letztern Falle arbeitet er an einem Schwengel, wie die Ruderer auf den Booten an den Rudern, und kann in dieser Stellung viel Kraft ausüben.

36) **Drittes Mittel. Räderwerk.** So wie man durch zwei halbgezahnte Räder Fig. 272, welche zugleich, jedoch in entgegengesetzten Richtungen umgedreht werden, einer gezahnten Stange eine abwechselnde geradlinige Bewegung geben kann, so theilt man auf dieselbe Weise einem vollständig gezahnten Rade, welches zwischen den halbgezahnten Rädern A und B steht, eine regelmäßig abwechselnde kreisförmige Bewegung in derselben Ebene mit. Mit Kegelrädern kann man auf zweierlei Weise denselben Effect in einer andern Ebene, als in derjenigen der ursprünglichen Bewegung bekommen, und zwar zuerst durch ein Kegelrad C Fig. 292, welches etwas weniger als zur Hälfte gezahnt ist, in Verbindung mit zwei voll gezahnten Rädern B und A, die auf derselben Welle sitzen. Alsdann wird die Welle AB abwechselnd umgetrieben werden durch den anhaltenden Umlauf des Rades C, welches bald auf A, und bald in einer entgegengesetzten Richtung auf B wirkt. Die sich abwechselnd drehende Welle AB kann durch anderes Räderwerk, oder z. B. durch eine Schraube ohne Ende D wieder einen gezahnten Sector E abwechselnd kreisförmig in einer Ebene bewegen, welche schräg oder senkrecht auf den Ebenen der beiden anderen Bewegungen steht. Sodann kann man eine Welle CD abwechselnd kreisförmig bewegen, indem man an eine Welle AB, welche sich anhaltend umdreht, zwei Räder A und B Fig. 293 setzt, die in entgegengesetzten Richtungen etwas weniger als zur Hälfte gezahnt sind; diese sollen dann abwechselnd auf das vollgezahnte Rad C wirken und dasselbe hin- und herdrehen.

Wenn zwei Räder A und B Fig. 294 Nr. 1, welche durch Scheiben E und F und durch eine um dieselben kreuzweis geschlagene Schnur in entgegengesetzten Richtungen sich umdrehen, so müssen sie,

abwechselnd auf ein drittes, zwischen beiden liegendes Rad C wirkend, dieses dritte Rad abwechselnd kreisförmig bewegen. Dazu wird jedoch erfordert, daß das Rad C mit einem der beiden Räder A oder B nicht in Berührung stehe, wenn es selbst durch das andere Rad B oder A umgedreht wird. Die Welle des Rades C muß dann abwechselnd mit dem einen Rade A z. B. in Berührung gebracht und der Wirkung des andern Rades B entzogen werden. Die Welle CD des Rades C, oder auch das Ende C dieser Welle muß folglich mit Zwischenpausen hin- und herbewegt werden, die von so langer Dauer sind, als das Rad C durch eins der beiden Räder bewegt wird (es können die Zeiten der Wirkung beider Räder A und B gleich oder ungleich seyn).

Da das Lager C der Welle D eine Verrückung nach jeder Seite erfahren muß, so werden die Zähne der Räder sehr schräg auf einander zu wirken kommen. Deshalb muß die Verrückung gering seyn, und dieses ist sie auch wirklich, da nur eine solche Entfernung der Zähne erforderlich ist, daß sie einander nicht verlassen; deshalb darf diese Entfernung nur so viel, als die halbe Länge der Zähne betragen. Eine größere Entfernung ist unnöthig; man kann aber alsdann mit Kegelrädern den verlangten Effect bekommen, man thut jedoch besser, Stirnräder anzuwenden, und die Verschiebung des Lagers C so klein wie möglich zu nehmen. Es kommt dann allein nur darauf an, durch die umdrehende Bewegung der Wellen AE und BF der Welle CD eine beinahe abwechselnde geradlinige Bewegung zu geben, während der Augenblicke, wo das Rad C in einer andern Richtung sich umdrehen muß. Dieses wird nun durch zwei Excentrica sehr leicht erlangt. Man bringe nämlich auf jeder Seite der Welle CD zwei kleinere Wellen GN und HO in Bewegung,

die erste GN durch einen Riemen oder eine Schnur, welche von der Welle AE kommt, die zweite durch einen Riemen oder Schnur, welche von der Welle BF kommt.

Auf diese Wellen ziehe man zwei Excentrica L und M Fig. 294 Nr. 2 in entgegengesetzten Richtungen auf, und jedes von einer Extension von 180°. Die Theile abc und gfC dieser Excentrica sind Kreisbogen, welche aus L und aus M beschrieben sind und den Abstand der Mittelpunkte M und L von der Außenseite der Welle C zum Halbmesser haben, wenn diese durch eins der Räder A oder B in Umdrehung gesetzt werden. Die andern Theile de und gh der Excentrica sind eigentlich die excentrischen Theile, durch welche die Welle C verrückt werden muß. Man gebe ihnen eine solche Krümmung oder Rundung, daß, wenn das Ende des einen Excentricums die Welle C verlassen hat, der Anfang d des excentrischen Bogens de des andern Excentricums die Welle C berührt. Alsdann wird dieser Bogen de die Welle C verrücken oder vorwärts schieben, bis der Punkt e mit der Welle c in Berührung gekommen ist, denn da hört die Excentricität von de auf, und die Welle bleibt alsdann in derselben Stellung, während der Bogen ecba (dessen Punkte nun nach einander längs der Welle C hinschieben) beschrieben wird, worauf das andere Excentricum gh eine entgegengesetzte Verrückung der Welle C bewirken wird u. s. w.

Die Extension in der Höhe der Excentrica de und gh muß gleich seyn der Quantität der Verrückung der Welle C, welche nöthig ist, um die Zähne des Rades C z. B. aus denen des Rades A zu heben und diejenigen von B ergreifen zu lassen; während die Extension in der Breite gering seyn

muß, damit die Zeit der Verschiebung so kurz als möglich sey.

Die Dauer der abwechselnden kreisförmigen Bewegung der Welle C, d. i. die Extension der Bewegung kann man auf vielerlei Weise verändern, indem man die Zahl der Zähne von A, B und C nebst den Geschwindigkeiten der Wellen GN und HO damit entsprechend regulirt; denn von diesen Dingen hängt die Geschwindigkeit und die Dauer der Bewegung der Welle CD ab.

Es läßt sich leicht begreifen, daß die abwechselnde kreisförmige Bewegung, welche auf die beschriebenen Arten mit ganz gezahntem oder halbgezahntem Räderwerk erlangt wird, schwerlich ohne nachtheilige Stöße von Statten geht, sobald die Bewegung nicht langsam ist. Aus demselben Grunde können auch die genannten mechanischen Zusammensetzungen immer besser in einer kleinen, als in einer großen Maschine angewendet werden.

37) Wenn man die kreisförmige Bewegung erst umwandelt in eine geradlinige oder abwechselnde geradlinige Bewegung, so kann man aus dieser letzten Bewegung wieder eine abwechselnde kreisförmige Bewegung durch die Mittel ableiten, welche oben im §. II. angegeben sind, und die ferner im IV. Kap. §. II. angegeben werden sollen. Auf diese Weise kann man die jetzt angegebenen Zusammensetzungen noch um viele vermehren.

Drittes Kapitel.

Ueber die verschiedenen Mittel, um aus der abwechselnden geradlinigen und aus der abwechselnden kreisförmigen Bewegung fortdauernd geradlinige und kreisförmige Bewegungen entstehen zu lassen.

§. I.

Veränderung der abwechselnden geradlinigen Bewegung in fortdauernde geradlinige Bewegungen.

38) Es ist nicht wohl möglich, aus der abwechselnden geradlinigen Bewegung eine anhaltende geradlinige Bewegung unmittelbar abzuleiten; man muß dann erst aus der abwechselnden geradlinigen Bewegung eine kreisförmige Bewegung ableiten, durch die in §. II. sogleich anzugebenden Mittel, und dann diese kreisförmige Bewegung durch die Mittel des I. Kapitels §. III. in eine geradlinige Bewegung umwandeln. Auch kann man das vorgesteckte Ziel erreichen mit Hülfe einer abwechselnden kreisförmigen Bewegung, siehe §. III. weiter unten, und §. II. des folgenden Kapitels.

Das Mittel Fig. 181, durch welches die abwechselnde geradlinige Bewegung aus einer steten geradlinigen Bewegung abgeleitet ist, kann man auch umgekehrt, als zu diesem §. gehörig, betrachten.

§. II.

Angabe der Mittel, um die stete kreisförmige Bewegung aus der abwechselnd geradlinigen Bewegung abzuleiten.

39) Erstes Mittel. Kurbeln. A. So wie man durch die stete Umdrehung einer Welle und

Kurbel AB Fig. 295 eine abwechselnd geradlinige Bewegung einer Stange ST mittheilen kann, eben so kann diese Zusammensetzung auch sehr häufig im umgekehrten Falle dienen, um nämlich durch die abwechselnde geradlinige Bewegung einer Stange, oder eines Stabes ST einer Welle eine stete umdrehende Bewegung zu ertheilen. Bei einiger Erwägung des Gegenstandes sieht man leicht ein, daß die Umdrehung eine Folge des abwechselnd schrägen Niederdrückens und Emporziehens der Kurbelstange BS ist, die bei S und bei B durch Bolzen oder Gelenken so mit der Kurbel und der Stange ST verbunden ist, daß sie sich drehen kann.

Die Kraft wird jedoch auf eine sehr ungleichförmige Weise wegen der Veränderlichkeit des Hebelarmes, an welchem sie wirkt, ausgeübt; denn, wenn wir annehmen, daß die Kurbelstange ST nicht schräg, sondern immer mit sich selbst parallel, oder in derselben Richtung bewegt werde, so muß sie Fig. 303 in dem Stande AK senkrecht auf die Länge MA der Kurbel an dem größten Hebelarm AM wirken (es ist dieser Hebelarm der vollen Länge der Kurbel gleich); doch weiterhin muß dieser Hebelarm nach und nach abnehmen und = Mc (= Cb), = Md (= Da) u. s. w. werden, so daß der Hebelarm im Punkte B (und eben so auch im Punkte E) = Null werden muß. Die Punkte B und E, in welchen die Hebelarme, von welchen die Kurbel durch die an der Kurbelstange wirkende Kraft umgeführt wird, = Null geworden sind, heißt man die todten Punkte der Kurbel; sie entsprechen dem höchsten und dem tiefsten Stande der Kurbelwarze und deshalb auch den zwei Grenzen der abwechselnden geradlinigen Bewegung.

Da nun die wirkende Kraft in diesen Punkten keinen Hebelarm hat, so kann die Kurbel nie durch

diese todten Punkte geführt werden, sobald die Bewegung nicht durch die Trägheit der vorhandenen Theile beinahe auf dieselbe Weise fortdauerte, als zu der Zeit, wo die Kraft an den langen Hebelarmen von MA bis MC z. B. wirksam war. Das Uebermaaß der Bewegung wird indessen selten regelmäßig fortdauern, und die Kurbel also auch meistentheils unregelmäßig durch ihre todten Punkte geführt werden, wenn mit der Welle der Kurbel keine schweren Zahnräder, oder kein passendes Schwungrad in Verbindung steht, durch welches die Bewegung gleichförmig unterhalten werden kann, während die Kraft einige Augenblicke aufhört, oder mit einem geringern Momente wirkt. Auf diese Weise kann man die kreisförmige Bewegung immer mit gutem Erfolg aus der abwechselnden geradlinigen Bewegung ableiten.

Den mittlern Hebelarm der Kraft an der Kurbelstange muß man im gegenwärtigen Falle, und wenn die Kraft sowohl in der einen, als in der andern Richtung ihrer Bewegung thätig ist, $= \frac{2}{3}$ der Länge der Kurbel setzen, ganz so wie dieses im vorhergehenden Kapitel angenommen wurde, wo die Kurbelstange durch die Kurbel hin- und herbewegt wurde. Obschon dieses allein streng genommen nur dann stattfindet, wenn die Kurbelstange sich selbst parallel Fig. 303 bewegt wird, so kann man es doch auch annehmen für den Fall Fig. 295, wo die Kurbelstange schräg gedrückt und gezogen wird, denn die größere Kraft, welche dann erfordert wird, entsteht hauptsächlich aus der ungleichen Reibung des Stabes ST an seinen Leitungsstücken, oder an den Wandungen der Hülse K, durch welche er läuft. Diese Reibung muß in jedem Falle besonders bestimmt werden; sie wird jederzeit sehr abnehmen, sobald man die Kurbelstange ST im Verhältnisse zur Länge der Kurbel länger nimmt. Die Um-

drehung der Kurbel wird mit einer größern Kurbelstange auch immer leicht von Statten gehen.

a) So wie die Bewegung Fig. 295 fortgepflanzt wird, findet sie in derselben Ebene statt; die Figg. 296 und 297 stellen dieselbe Zusammensetzung dar, allein nur für den Zweck modificirt, um die abwechselnde Bewegung der Stange ST zu leiten, was bei einem vertikalen Stande der Stange sehr zweckmäßig durch ein kleines Rad R Fig. 296 geschieht, das am Rande mit einer Kehle versehen ist, in welche die halbrunden oder dreieckigen anstehenden Stützen oder Stäbe a b und c d passen.

Für einen horizontalen Stand der Stange ST Fig. 297 verbinde man mit ihrem Ende eine horizontale Welle, um welche sich zwei kleine Rädchen drehen können, während sie in ihren Geleisen laufen, aus denen sie nach Ausweis der Figur nicht weichen können. Diese Einrichtung ist einfacher, als diejenige der Zusammensetzungen Fig. 262 und 265, welche man auch für den gegenwärtigen Fall anwenden kann.

b) Um die kreisförmige Bewegung in eine andere Ebene fortzupflanzen, als in diejenige, in welcher die abwechselnd geradlinige Bewegung stattfindet, muß man Kegelräder anwenden, mit Hülfe welcher man die kreisförmige Bewegung, welche in der Ebene der abwechselnden Bewegung zuerst entstanden ist, in einer andern gegebenen Richtung Platz greifen läßt.

c) Das Breterwerk kann auch angewendet werden, um die kreisförmige Bewegung auf einige Entfernung von der abwechselnden geradlinigen Bewegung fortzupflanzen. Dieses wird vor allen das einfachste Verfahren seyn, wenn die Entfernung der Welle A Fig. 298 von der Richtung BC der abwechselnden Bewegung nicht groß ist, und wenn die-

selbe wegen eines Hin- und Herganges der Kurbelstange mehr oder weniger als einmal umdrehen muß. Man bringe alsdann in zweckmäßiger Höhe und der Richtung BC eine Welle an, welche umgedreht wird durch die Kurbel, und von dieser Welle trage man die Bewegung über auf die Welle A, mit dem Räderwerk B, D, welches regulirt oder abgemessen ist, um an der Welle des Rades D die verlangte Geschwindigkeit zu geben.

Soll die Welle A einen Umgang machen, während ein Auf- und Niedergang stattfindet, so müssen die Räder B und D dieselbe Größe haben (es hat die Kurbel bekanntlich eine Länge, die der halben Extension der abwechselnden geradlinigen Bewegung gleich ist) doch in diesem Falle kann man das Verlangte häufig einfacher herstellen:

Man verbinde nämlich Fig. 299 mit der Stange AF, welche abwechselnd geradlinig bewegt wird, rechtwinklig zu ihrer Länge ein Querhauptstück AB, dessen Ende B senkrecht über dem Mittelpunkte der Welle D liegt (welche durch die Kurbel DE und die Kurbelstange ED umgedreht werden wird), so findet dieselbe Wirkung statt, als wenn die Welle D in der Richtung AF der ursprünglichen Bewegung läge; denn das Ende B des Querhauptes hat dieselbe abwechselnde geradlinige Bewegung, wie die Stange AF. An der andern Seite der Stange AF kann man, wenn man das Querhauptstück AB bis in C verlängert, auf dieselbe Weise eine zweite Welle G in Umdrehung versetzen, und auf diese Weise bekommt man eine Zusammensetzung, ähnlich derjenigen von Fig. 265, welche ebenfalls benutzt werden kann, um durch die abwechselnde geradlinige Bewegung der Stange GH das Rad A mit Hülfe des Rades B in Umgang zu versetzen.

Soll nur eine Welle bewegt werden, so muß man immer das Querhauptstück B A Fig. 300 auch an der andern Seite der Stange A F bis nach C verlängern (es ist A C = B A) und in C ein Gegengewicht anbringen, um die Schwere der Kurbelstange E B zu balanciren, denn sonst wird die Stange A F immer gegen eine Seite ihrer Leitungsstücke zu stark angedrückt werden.

Manchmal sieht man in ähnlichen Fällen, wie der so eben behandelte, die Bewegung fortgepflanzt, ohne Anwendung eines Querhauptstückes Fig. 301, No. 1.; jedoch bei dieser Einrichtung erfolgt der Umgang der Welle D oder der Wellen D und G nicht ohne Stöße, außerdem daß die Stange A F alsdann durch die sehr schrägen Richtungen der Kurbelstange sehr stark und ungleichförmig gegen ihre Leitungsstücke gedrückt wird. Man darf deshalb diese Einrichtung nicht herstellen, es müßten denn die Entfernungen D F und F G der Wellen D und G von der Stange A F zu klein seyn, als daß man noch besonders ein Querhaupt an die Stange A F zu bringen braucht. Ist diese Entfernung = o, so ist die Einrichtung zweckmäßig. Sie wird alsdann, wenn nur eine einzige Welle vorhanden ist, so wie in Fig. 301 No. 2 angegeben ist, differirt aber alsdann im Wesentlichen ebenfalls nicht von der vorhergehenden Fig. 300.

Wenn die Entfernung zwischen der kreisförmigen und abwechselnden geradlinigen Bewegung beträchtlich ist, so wird die Bewegung meistentheils mit Hülfe eines Hebels A B C Fig. 302 No. 1 und 2 fortgepflanzt werden müssen, an dessen anderem Ende A die Kurbelstange sich um einen Bolzen oder um ein Gelenk dreht. Dieser Hebel muß alsdann auf die eine oder auf die andere Weise aus der abwechselnden geradlinigen Bewegung eine abwech-

selnde kreisförmige Bewegung bekommen. Außer den zwei in der Figur angegebenen Mitteln giebt es noch mehrere, welche im folgenden Capitel §. II. entwickelt und nebst den zwei vorigen beurtheilt werden sollen.

d) Um eine unterbrochene kreisförmige Bewegung herzustellen, so daß die abwechselnde geradlinige Bewegung ununterbrochen fortdauert, kann man Räderwerk anwenden, welches nur zum Theil gezahnt ist; jedoch nur durch langsame Umgänge der ersten Welle kann man diese Einrichtung mit gutem Erfolg anwenden, da die Berührung der in einander greifenden Zähne der Räder (nachdem die Zwischenpause verlaufen ist) in diesem Falle nicht ohne einen nachtheiligen Stoß stattfinden kann.

e) Oben ist bereits bemerkt worden, daß die Anwendung eines Schwungrades für den gegenwärtigen Fall häufig unvermeidlich seyn werde. Dieses Schwungrad muß die Bewegung unterhalten, während die Kraft einen kleinern Hebelarm als den mittleren besitzt, der auf $\frac{2}{3}$ der Länge der Kurbel bestimmt ist. Man muß die Kraft dieses Schwungrades größer seyn lassen, als in dem Falle, welcher im vorhergehenden Capitel §. III. Art. 29 erörtert worden ist; weil der Hebelarm der Kraft hier bei jedem Umgange zweimal, wenn die Kurbel in ihren todten Punkten steht = Null ist, und auch dieselbe Kraft bereits einen kleinern Hebelarm als $\frac{2}{3}$ der Länge der Kurbel besitzt, wenn Fig. 303 die Kurbel M A durch den Bogen A C um etwas weiter als $41\frac{4}{5}$ Grade geführt ist, was in dem so eben angezogenen Fall keinesweges stattfand; denn alsdann übte die Kraft, die eine kreisförmige Bewegung in eine abwechselnd geradlinige Bewegung verändern müßte, immer auf eine viel vortheilhaftere Weise ihr Vermögen aus.

Da der Bogen A C beinahe 42° beträgt, so ist der Bogen C B = 48° und (da B F = B C ist) der Bogen C B F ist = 2 · 48° = 96°. Wir wollen nun nur noch annehmen, daß der Bogen C F = 90° sey, so müßte das Schwungrad die Bewegung während $\frac{1}{4}$ Umdrehung ganz allein und so gleichförmig als möglich unterhalten; es dürfte also sehr wenig von der Geschwindigkeit verlieren, mit welcher es während der Wirkung der Kraft bewegt wurde. Wenn man annimmt, daß dasselbe mit $\frac{1}{20}$ Verlust an Geschwindigkeit $\frac{1}{4}$ Umfang durchläuft, so wird dieser Verlust meistens unbedeutend seyn (es können jedoch die Umstände vorschreiben, diesen Verlust noch geringer seyn zu lassen). Das Schwungrad muß alsdann 5 Umgänge machen können, ehe es ganz zur Ruhe gelangt (der Widerstand der Luft soll hierbei nicht in Anschlag kommen); folglich muß in der allgemeinen Formel

$$d^3 = 41\tfrac{4}{10} \cdot \frac{h\,m\,K}{n\,A},$$

(siehe Cap. I. §. IV. Art. 20) m = 5 genommen werden, wodurch man bekommt:

$$d^3 = 207 \cdot \frac{h\,K}{n\,A};$$

es ist diese Formel anwendbar auf den gegenwärtigen Fall, um den Durchmesser d des Schwungrades zu bestimmen, dessen Umfang einen Durchschnitt von A Quadratpalmen haben muß, und welches nmal in der Minute umgedreht wird durch eine Kraft von H Pfunden, die an einem mittlern Hebelarme von h Palmen wirkt.

B. Die Anwendung der Kurbeln, um mittelst einer abwechselnden Bewegung kreisförmi[...] Bewegungen herzustellen, ist sehr mannic[...] Art und Weise, wie man an Drehbänk[...]

rädern und an andern sehr bekannten Maschinen mittelst Trittbretern und Kurbeln, Wellen und Kurbelwarzen umdreht, können dafür Belege an die Hand geben. Andere Beispiele findet man in der Art und Weise, wie sehr viele Maschinen durch Menschen mit den Händen in Bewegung gesetzt werden, wie z. B. Hand-Getreidemühlen, Wasserschrauben u. s. w. In Fig. 304 ist eine Handmühle dargestellt, mit welcher man in den Tuch- und Kattunfabriken Farben mahlt. Der Arbeiter zieht und schiebt mit dem Handgriffe a b die Stange A B hin und und her, und dreht auf diese Weise, unterstützt durch das Pendel C D die Kurbel B und den Läufer M (der auch eben so gut wie in den Getreidemühlen ein ebener Stein seyn kann). Die Stange A B wird durch eine Schnur oder durch ein leichtes Kettchen c d am vordern Ende getragen.

Die meisten der beschriebenen Zusammensetzungen von Fig. 296 bis 302 werden oder sind angewendet in den Dampfmaschinen, um aus der auf- und niedergehenden Bewegung des Dampfkolbens die kreisförmige Bewegung für vorhandene Wellen abzuleiten, was nachher ausführlich entwickelt werden soll.

46) Zweites Mittel. Räderwerke. Auf zwei Wellen a und b Fig. 305 sitzen zwei Zahnräder C und c, welche sich rund auf rund drehen und deshalb umgedreht werden können, ohne daß die Wellen a und b in Bewegung kommen. Neben diesen Rädern sitzen auf den Wellen zwei Sperrräder D und d, deren Sperrkegel sich um Nägel drehen können, welche durch die Räder C und c geschlagen sind (die Figur zeigt diese Nägel sammt ihren Sperrkegeln [illegible]). Zwischen den beiden Rädern ist eine dop[illegible] Stange A B angebracht;

wenn diese gezahnte Stange in der Richtung von A nach B bewegt wird, dreht sie das Rad c in der durch das Pfeilchen angegebenen Richtung um; zugleich wird auch die Welle b umgedreht, weil, wenn der Sperrkegel gegen die Zähne des Sperrrades d sich legt, das Rad c nicht frei ist, d. h. nicht bewegt werden kann, ohne das Sperrad d mit sich zu führen.

Das Rad C wird sich gerade in einer entgegengesetzten Richtung drehen und frei umgeführt werden, ohne der Welle a Bewegung mitzutheilen, weil der Sperrkegel in Folge der Richtung der Bewegung des Rades C sich nicht ins Sperrrad D legt, sondern frei von dem einen Zahn auf den andern fällt.

Wenn die gezahnte Stange von B nach A zurückbewegt wird, so wird derselbe Effect in einer umgekehrten Ordnung stattfinden, d. h. die Welle a wird sich umdrehen, und die Welle b in Ruhe bleiben, obschon das Rad c sammt dem mit ihm verbundenen Sperrkegel unbehindert in einer entgegengesetzten Richtung zurückgeführt wird.

Durch die abwechselnde Bewegung der gezahnten Stange müssen deshalb die Wellen a und b mit Zwischenpausen in derselben Richtung sich umdrehen, so daß, wenn diese Wellen entweder durch Scheiben oder Schnüre, oder durch Räderwerk ihre Bewegung einer Welle E, welche seitlich oder zwischen ihnen liegt, mittheilen, diese letztere stets sich umdrehen muß, weil sie von der zweiten Welle b sogleich wieder Bewegung empfängt, sobald beim Zurückgehen der gezahnten Stange die erste Welle zur Ruhe gelangt, und aufhört, Bewegung mitzutheilen. Eine Schraube an der Welle E wird auf diese Weise einer Schraubenmutter u. s. w. durch

die abwechselnde Wirkung beider Zahnstangen eine anhaltende geradlinige Bewegung mittheilen.

Man hat jedoch, um eine Welle auf die beschriebene Weise anhaltend in Umlauf zu erhalten, noch zwei andere Wellen nöthig. Diese beiden Wellen aber weg, und die ganze Zusammensetzung wird einfacher, wenn man der doppelten Zahnstange eine andere Form giebt. Man ziehe nämlich auf dieselbe Welle A B Fig. 306 No. 2 zwei Zahnräder A und B auf, welche sich lose um die Welle A B drehen und zugleich mit Sperrkegeln auf zwei Sperrräder c und d wirken können, welche fest auf der Welle A B sitzen. Wenn man nun auf diese Zahnräder zwei gezahnte Stangen e f und g h Fig. 306 No. 1 wirken läßt und diese gezahnten Stangen für diesen Zweck mit der vordern und hintern Seite der beiden Arme einer gezahnten Stange C D in Verbindung bringt, so wird die abwechselnde Bewegung dieser gezahnten Stange die Welle A B stets in Umdrehung erhalten; denn während die eine gezahnte Stange ihr entsprechendes Getriebe mit dem Sperrrad und der Welle A B umdreht, so wird die andere gezahnte Stange ihr entsprechendes Getriebe frei um die Welle A B zurückführen.

Bei der Anwendung dieser Zusammensetzungen muß jedoch die Geschwindigkeit der Bewegung, besonders in den Augenblicken des Zurückganges der gezahnten Stange C D, klein seyn; es wird auch ein kleines Schwungrad erfordert werden, um die Bewegung der Wellen bei der Veränderung der Richtung der abwechselnden Bewegung zu unterhalten, und um die Stöße zu vermindern, die alsdann von den Zähnen der gezahnten Stangen auf ihre Getriebe stattfinden können.

Man kann auch mit einer gezahnten Stange, die auf ein loses Getriebe mit einem Sperrrade wirkt,

einer Welle eine stete Bewegung mittheilen, jedoch muß alsdann ein Schwungrad vorhanden seyn, welches im Stande ist, die Bewegung der Welle zu unterhalten, während die gezahnte Stange in einer entgegengesetzten Richtung bewegt wird.

So wie man durch die Wirkung zweier Räder, von denen das eine fest und inwendig gezahnt ist, während das andere auswendig gezahnt ist und bewegt wird (siehe Fig. 267), die abwechselnde geradlinige Bewegung ableiten kann aus der steten kreisförmigen Bewegung einer Welle, so kann man durch eine ähnliche Zusammensetzung die letzte Bewegung aus der ersten ableiten.

Wenn A B Fig. 307 das inwendig gezahnte Rad darstellt, und der Kreis C D (dessen Durchmesser dem halben Durchmesser des Rades A B gleich ist) das auswendig gezahnte Rad, so lasse man die Nabe dieses Rades sich um die Warze E einer Kurbel drehen, welche an dem einen Ende einer Welle D sitzt, die genau mit dem Mittelpunkte des Rades A B übereinstimmt. Die Stange F G, welche in der Richtung des Durchmessers A H von H nach A und von A nach H bewegt wird, ist durch einen Bolzen mit dem Umfange des Rades C D verbunden. Durch die abwechselnde Bewegung dieser Stange wird das Rad C D im Rade A B umlaufen und die Kurbel E D mit sich umführen, wodurch sich dann die Welle D anhaltend umdreht. Der Bolzen F wird während dieser Bewegung vollkommen geradlinig von H nach A und von A nach H bewegt werden, wie bei der Beschreibung der Zusammensetzung Fig. 267 bereits angemerkt worden ist. In manchen Dampfmaschinen theilt die Stange des Dampfkolbens auf die angezeigte Weise ihre Bewegung den vorhandenen Wellen, Rädern u. s. w. mit, und dennoch gehört diese Zusammensetzung

nicht zu denjenigen, die man in Ermangelung einfacherer in einem solchen Falle anzuwenden genöthigt ist.

41) **Drittes Mittel. Einzelne Sperräder.**

a) Man gebe einer Welle A Fig. 308 ein Sperrad, welches durch einen Sperrhaken a b gehindert wird, sich in einer entgegengesetzten Richtung zu drehen, wenn es durch eine Kraft in einer Richtung von links nach rechts umgedreht wird. Mit der Stange B C, die abwechselnd geradlinig bewegt wird, sind mittelst eines Gelenkes C ein Sperrkegel und ein Sperrhaken verbunden, nämlich C E und C D, welche beide auf die Zähne des Sperrades wirken, der eine jedoch an dieser, der andere an jener Seite der Welle A. Wenn nun die Stange B C z. B. niedergeht, so wird der Sperrkegel C D seinen entsprechenden Zahn ebenfalls niederwärts drücken, und auf diese Weise das Sperrad sammt der Welle A ein wenig umdrehen; inzwischen geht auch der Sperrhaken C E tiefer herab und fällt von seinem Zahne c auf den folgenden Zahn d. Geht die Stange C B nun wieder empor, so zieht der Sperrhaken C E den Zahn d mit sich und dreht deshalb das Sperrad sammt der Welle A auch wieder in derselben Richtung um, wie es zuvor der Sperrkegel C D gethan hat, welcher nun entweder durch eigne Schwere, oder durch eine Feder V von seinem Zahne e auf einen folgenden f springt. Die Welle A wird folglich ununterbrochen sich umdrehen und zwar in Folge der abwechselnden geradlinigen Bewegung der Stange B C.

Diese kreisförmige Bewegung wird sehr regelmäßig stattfinden, wenn die abwechselnd geradlinige Bewegung regelmäßig ist. Auch werden im Allgemeinen die Bewegungen, welche man mittelst Sperrädern darstellt, langsam seyn, obschon man dadurch,

daß man das Sperrrad klein, und die Geschwindigkeit der abwechselnden Bewegung groß nimmt, auf der Welle A einen geschwindern Gang geben kann. Der kleinen manchmal unmerklichen Geschwindigkeit der Bewegung eines Sperrrades steht meistens ein großer Druck der Kraft gegenüber, die mit diesem Werkzeug ausgeübt werden kann, weshalb man sich denn auch der Sperrräder häufig bedient, um schwere Lasten zu bewegen, oder dieselben sehr langsam, jedoch regelmäßig zu verschieben.

Es ist sehr leicht, den Durchmesser nebst der Zähne des Sperrrades zu bestimmen. Man weiß nämlich, wievielmal die abwechselnde Bewegung stattfinden soll, während das Rad ein- oder zweimal u. s. w. sich umdreht. Angenommen z. B. die Stange B C Fig. 308 müsse zwanzigmal auf- und zwanzigmal niedergehen, um die Welle A einen einzigen Umlauf machen zu lassen, so beschreibt alsdann das Sperrrad bei einem Auf- und Niedergange eines der Sperrkegel, den $\frac{1}{40}$ des ganzen Umfanges. Man construire den Winkel g A h, welcher $= \frac{1}{40}$ von 360° ist; man zeichne die Stange B C oder ihr Ende C im höchsten und tiefsten Stande, und beschreibe aus diesen Punkten mit einem Halbmesser, der die Länge des Sperrkegels C D z. B. darstellen soll, zwei Kreisbogen, welche die Halbmesser A g und A h in zwei Punkten e und f schneiden werden. Sind diese Punkte gleichweit vom Mittelpunkte der Welle A entfernt, so ist die Construction vollendet. Im entgegengesetzten Falle nehme man die Länge des eben genannten Sperrkegels anders und wiederhole die Construction, bis man die Punkte e und f in gleichen Entfernungen vom Mittelpunkte A erlangt hat. Es bleibt dann weiter nichts übrig, als den Kreisumfang, der mit A e = A f als Halbmesser beschrieben ist, in 40 gleiche Theile zu thei-

len, um die Extension der Zähne des Rades zu bestimmen; wird diese Extension groß, so ist es besset, dem Rade 80 Zähne zu geben. Die Sperrkegel überspringen dann jedesmal zwei Zähne zugleich, finden jedoch auf ihrem Wege Gelegenheit, in die Zähne einzuhaken, wenn das Ueberspringen von zwei Zähnen auf die eine oder auf die andere Weise einmal nicht mit der erforderlichen Genauigkeit geschehen sollte.

Derselbe Effect, den man mit einem Stirnsperrrade erlangt, steht auch zu erlangen mit einem Kronsperrrade oder einem sogenannten rechtwinkligen Sperrrade. Wenn man die Fig. 309 aufmerksam betrachtet, so wird man leicht einsehen, daß, wenn die Stange B C D gegen das Rad hin von B nach C bewegt wird, die Sperrvorrichtung A D (welche gleich der Sperrvorrichtung A E mit einem Ring an die Welle A geschlossen ist) das Rad umtreiben wird, während A E dann auf den folgenden Zahn überspringt; geht die Stange B C von C nach B zurück, so zieht die Sperrvorrichtung A E das Rad um, so daß die andere Sperrvorrichtung A D nun auf einen vorhergehenden Zahn überspringt u. s. w. Bei dieser Einrichtung kann man den Durchmesser des Sperrrades nach Belieben annehmen (denn es wird ein größeres Rad zwar weniger geschwind, jedoch mit größerer Leichtigkeit umgedreht) und die Zahl der Zähne bestimmen, nach der Extension und der Daner der Bewegung der Stange B C, wie auch nach der Zeit der Umdrehung der Welle A.

Wenn die Länge der beiden Sperrvorrichtungen A D und A E gegeben ist, so wird die Bewegung des Rades A E D im Allgemeinen um so beträchtlicher seyn, je länger die Zugstangen D C und E C sind; folglich wird das Kronsperrrad sich besonders gut für langsame Bewegungen eignen, wozu

man die erwähnten Zugstangen so kurz wie möglich nimmt.

b) Ohne Hülfe einer abwechselnden kreisförmigen Bewegung (siehe §. IV. dieses Kapitels) oder ohne die Hülfe von Zahnrädern kann die Bewegung in keine andere Ebene, als in diejenige der abwechselnden geradlinigen Bewegung übergetragen werden.

c) Bei Anwendung einer Zusammensetzung wie diejenige Fig. 308 ist es nicht nöthig, daß die Richtung BC durch den Mittelpunkt der Welle A laufe (wie dieses bei dem Kronsperrrade Fig. 309 meistens der Fall seyn muß); sie kann vielmehr in einigem Abstande von diesem Mittelpunkte liegen. Wird jedoch dieser Abstand beträchtlich, oder ist die Extension der abwechselnden Bewegung so groß, daß das Sperrrad um eine Welle sehr langsam umzudrehen, einen sehr großen Durchmesser haben muß, so wird die Dazwischenkunft einer abwechselnden kreisförmigen Bewegung erfordert, um im ersten Falle den großen Abstand beider Bewegungen auszufüllen, oder um im zweiten Falle die Sperrvorrichtungen an einem kleinern Hebelarm einen kleinern Raum als denjenigen der abwechselnden Bewegung durchlaufen zu lassen, und auf diese Weise mit einem kleinern Sperrrade denselben Effect zu erlangen.

Fig. 310 giebt einen solchen Fall ganz einfach. Durch die abwechselnde geradlinige Bewegung des Theiles BCD wird der Hebel CSD um seinen Drehungspunkt S eine abwechselnde kreisförmige Bewegung empfangen. Die Nägel a und b der Sperrkegel ac und bd sitzen nicht an einerlei Arm des Hebels, sondern an zwei verschiedenen Armen, so daß der eine Sperrkegel aufwärts bewegt wird, während der andere niedergedrückt wird. Wirken diese Sperrkegel nun an derselben Seite der Welle

A auf das Sperrad, so wird die kreisförmige Bewegung dieses Rades stete seyn; aber diese Bewegung findet nur bei dem Auf- und Niedergehen des Theiles BC und also mit Zwischenräumen statt, wenn, wie es in der Figur der Fall ist, die Sperrkegel an zwei entgegengesetzten Seiten des Sperrades angebracht sind.

Von dieser letztern Einrichtung findet man ein Beispiel in den gewöhnlichen Holzsäge-Windmühlen (Schneidemühlen): die Sägen wirken beim Niedergehen des Sägerahmens, und beim Emporgehen desselben muß der Schlitten mit dem zu schneidenden Holze um so viel vorwärts bewegt werden, als die die Tiefe des gemachten Schnittes beträgt. Man befestigt für diesen Zweck unten am Schlitten eine gezahnte Stange, deren Getriebe beim Emporgehen der Sägen sehr langsam durch ein Sperrad umgedreht wird, welches auswendig am Schlitten an der Welle des genannten Getriebes sitzt. Das Sperrad empfängt mit Hülfe eines Hebels CSD seine Bewegung von einer Stange BC, welche zu gleicher Zeit mit dem Sägenrahmen auf- und niedergeht. Die abwechselnde geradlinige Bewegung des Sägerahmens erzeugt auf diese Weise eine anhaltend fortschreitende, oder geradlinige Bewegung des Schlittens, und diese Bewegung kostet wenig Kraft, ungeachtet des großen Widerstandes der Reibung des Schlittens auf seinen Rollen, da die Geschwindigkeit der Bewegung des Sperrades sehr gering ist.

d) Mit einem einzelnen Sperrade im Falle Fig. 308 und 309, und auch in dem so eben erwähnten Falle von Fig. 310 entsteht eine kreisförmige Bewegung mit Zwischenräumen der Ruhe. Eine Modification der Zusammensetzung, welche für diesen Zweck erfordert wird, ist noch in Fig. 311 dargestellt: der Theil AB dreht mittelst einer Hebe-

latte a den Daumen oder Hebel C D, wenn derselbe von B nach A bewegt wird. Dieser Daumen oder Hebel dreht sich lose um die Welle F, wirkt aber mit einem Sperrkegel b auf die Zähne eines Sperrrades, welches fest auf der Welle F sitzt. Folglich wird sich diese Welle umdrehen, wenn der Hebel von B nach A bewegt wird; aber der Sperrkegel b wird von den folgenden Zähnen des Sperrrades auf die vorhergehenden fallen, und die Welle F wird also in Ruhe bleiben, wenn der Hebel mit dem bewegenden Theile A B von A nach B zurückgeht. Wenn man an jeder Seite der Welle F einen Hebel oder Daumen, oder ein besonderes Sperrrad wirken ließe, so würde dessen abwechselnde Bewegung eine Welle F anhaltend umdrehen. Die Zusammensetzung würde dann mit derjenigen von 306 viel Aehnlichkeit haben, aber mit derjenigen von Fig. 308 oder 309 kann man die verlangte Wirkung auf eine einfachere Weise erhalten.

Wenn man die abwechselnde geradlinige Bewegung erst in eine abwechselnde kreisförmige Bewegung umwandelt, so kann man alle Mittel, welche in §. IV. dieses Kapitels angegeben werden sollen, benutzen, um eine stete kreisförmige Bewegung herzustellen.

§. III.

Angabe der Mittel, um aus einer abwechselnd kreisförmigen Bewegung eine stete geradlinige Bewegung entstehen zu lassen.

42) Im Allgemeinen wird die geradlinige Bewegung aus der abwechselnden kreisförmigen abgeleitet, indem man letztere erst in eine stete kreisförmige Bewegung umwandelt (siehe §. IV.) und diese alsdann auf eine geradlinige Bewegung reducirt.

Es giebt jedoch ein besonderes Mittel, wovon man in sehr vielen Fällen, wenn die Geschwindigkeit der abgeleiteten Bewegung nicht sehr groß seyn kann oder darf, einen vortheilhaften Gebrauch wird machen können, um die abwechselnde kreisförmige Bewegung unmittelbar oder geradezu in eine geradlinige Bewegung umzuwandeln. Dieses Mittel besteht in der Anwendung von Sperrstangen.

A. a) Die Fig. 312 stellt diese Einrichtung dar: GH ist eine Stange oder ein Stab, welcher zwischen Führungen oder Leitungsstücken bewegt wird; er ist auf beiden Seiten wie ein Sperrrad gezahnt. In diese Zähne greifen wechselsweise die Sperrhaken CE und DF eines Hebels Ab (der sich um den Punkt S dreht). Nach Ausweis der Figur müssen sich diese Sperrhaken, die sich an den Nägeln C und D drehen, einander kreuzen; deshalb müssen sie die Form von Bügeln K haben.

Aus dieser Einrichtung ist nun ersichtlich, daß die Stange GH eine stete geradlinige Bewegung bekommen müsse, wenn der Hebel abwechselnd gedreht wird; denn während der eine Sperrhaken die Stange hebt, wird der andere an derselben vorwärts gleiten, um in einen folgenden Zahn einzuhaken.

Die Sperrhaken haben hier die Gestalt von Bügeln; sie müssen die Stange umfassen und einander kreuzen, wenn der Effect eintreten soll. Diese Einrichtung wird aber einfacher Fig. 313, wenn die Sperrhaken auf derselben Seite der Stange wirken, an welcher ihre Nägel D und C sich befinden. Um nun zu bewirken, daß sie immer gegen die Zähne angedruckt werden, kann man sie an der andern Seite ihres Nagels verlängern und mit Uebergewichten P und Q versehen, welche beim Vorwärtsrücken der Sperrhaken längs der Zähne der Stange durch einen Ansatz a und b gehindert werden, überzu-

schlagen. Die Sperrhaken können jedoch, ehe sie gegen die Ansätze schlagen, sich ein wenig drehen, so viel als nöthig ist, um aus den Zähnen der Stange zu gelangen. Eine Feder V, die unten oder an der Seite des Hebels angebracht wäre, würde dieselbe Wirkung hervorbringen, wie ein Gegengewicht.

Mit einer Stange, die nur an einer Seite gezahnt ist, und auf welche die zwei Sperrhaken des Hebels wechselsweise wirken, erlangt man denselben Effect wie oben. Die Betrachtung von Fig. 314 wird ausreichend seyn, um sich davon einen Begriff zu machen.

b) Soll die geradlinige Bewegung in einer andern Ebene stattfinden, als in derjenigen der abwechselnden kreisförmigen Bewegung, so muß man entweder durch Räderwerk, oder durch Winkelhebel und Kniestücke die abwechselnde kreisförmige Bewegung erst fortpflanzen in die Ebene, in welche die geradlinige Bewegung entstehen soll. Fig. 315 stellt eine solche Fortpflanzung mittels eines horizontalen Kniestückes dar: die abwechselnde Bewegung des Schwengels F wird auch die Welle DE abwechselnd mittelst der Gabel C drehen, die an dieser Welle befestigt ist. Dadurch wird das Kniestück CBA abwechselnd um seinen Bolzen B bewegt und zieht oder stößt den Arm GH der Welle IK abwechselnd hin und her mittelst der Stange GA, welche durch Gelenke mit den Armen HG und AB verbunden ist. Die abwechselnde kreisförmige Bewegung der Welle IK findet nun in einer andern Ebene statt, als in derjenigen, wo die ursprüngliche Bewegung des Schwengels F stattfindet, und kann nun in dieser andern Ebene eine stete fortschreitende Bewegung entstehen lassen.

c) Es hält nun gar nicht schwer, mit Hülfe von Hebeln, Stangen u. s. w. die Bewegung auf verschiedene Entfernungen fortzupflanzen.

d) Wenn man den Hebelarm BS Fig. 312 der Kraft kennt und den Bogen BA, den diese Kraft in einer gewissen Zeit beschreibt, so kennt man auch die Geschwindigkeit der Bewegung des Punktes B, und deshalb auch die des Nagels d des Sperrhakens, welcher in der Entfernung SD vom Drehungspunkte wirkt. Hierdurch findet man nun die Höhe oder den Raum, durch welchen dieser Sperrhaken die Stange GH in der Zeit bringen kann, in welcher der Punkt B den Bogen Ba oder der Nagel D den Bogen Db durchläuft. Auf diese Weise wird die Geschwindigkeit der Bewegung der Stange GH bekannt; sie wird anders werden, wenn man die relative Länge der Hebelarme SD und SB verändert, wenn man nämlich den Nagel D an einen andern Punkt des Hebels bringt. Diese Veränderungen der Geschwindigkeiten der beiden Bewegungen sind jedoch im Allgemeinen sehr beschränkt: man kann nämlich durch die beschriebene Zusammensetzung eher langsame, als geschwinde Bewegungen herstellen. Für den ersten Zweck und um dann auch mit geringer Kraft ansehnliche Lasten fortzuschaffen, ist diese Zusammensetzung sehr zweckmäßig und von einem bekannten Gebrauche.

e) Die beschriebene Zusammensetzung wird häufig angewendet, um die geradlinige Bewegung mit kurzen Pausen der Ruhe herzustellen, ohne daß jedoch die abwechselnd umdrehende Bewegung unterbrochen wird. Dieser Effect wird auf das Einfachste erlangt, wenn man die Schwengel oder Hebel nur mit einem einzigen Sperrhaken wirken läßt.

Mit der Zusammensetzung Fig. 316 erlangt man also denselben Effect, wie mit derjenigen von

Fig. 314, jedoch wird die gezahnte Stange nun mit Zwischenräumen der Ruhe bewegt, wenn die Umdrehung des Hebels so geschieht, daß der Sperrhaken nach dem Drehungspunkte S gezogen wird.

In Fig. 317 findet derselbe Effect statt, nur ist die Verbindung des Hebels ABE verschieden von der vorhergehenden Einrichtung, indem der gebogene Theil AB eine Gabel ist, welche die gezahnte Stange umschließt; der Drehungspunkt ist in A und der Sperrhaken CD ist ein Bügel, dessen Bolzen C auf verschiedene Entfernungen vom Drehungspunkte A gestellt werden kann.

Hat nun die Last eine Neigung, die Stange PQ zurückzuziehen, wenn der Sperrhaken CD einen folgenden Zahn ergreifen will, so muß die Stange durch einen Sperrkegel oder zweiten Bügel MN, welcher mit einem Bolzen an den unbeweglichen Theil NL geschlossen ist, daran verhindert werden. Dieser Sperrkegel fällt, wie sich aus der Figur hinlänglich ergiebt, während der Fortbewegung der Stange in die folgenden Zähne; er trägt also blos die Last, wenn der Sperrhaken DC einen folgenden Zahn ergreifen will, und beweis't weiter keinen Dienst.

Dieser letzten Einrichtung ist diejenige von Fig. 318 vollkommen ähnlich, indem hier die Stange in einer vertikalen Stellung sich befindet und die Bestimmung hat, sich an dem festen Theile CD zu bewegen, an welchen die Drehungspunkte des Hebels und des Sperrhakens befestigt sind.

Mit Hülfe einer kreisförmigen Bewegung bekommt man auch auf eine einfache Weise eine geradlinige Bewegung mit Zwischenräumen der Ruhe: man verbinde nämlich den Schwengel B Fig. 319 mit einer Scheibe A, welche sich lose um eine Welle C dreht, jedoch einen Sperrkegel a besitzt, welcher

beim Niedergang des Schwengels B das Sperrrad b umdreht und folglich auch die Welle C, mit welcher das Sperrrad fest verbunden ist. Während dieser Bewegung wird das Seil Dd um die Welle C gewunden und wird die an demselben hängende Last in einer geraden Linie fortbewegen; e ist ein Sperrkegel, welcher beim Aufgange des Schwengels B verhindern soll, daß die Welle C durch die Last zurückgeführt werde, und dieser Sperrkegel muß sich um einen Nagel drehen, welcher außerhalb der Scheibe A in irgend einen festen Theil eingeschlagen ist.

B. a) Man wendet die beschriebenen Zusammensetzungen der Sperrstangen am meisten an, um schwere Lasten mit weniger Kraft langsam fortzubewegen, oder um sehr langsame geradlinige Bewegungen mancher Theile einer Maschine herzustellen, während andere Theile geschwinder und abwechselnd bewegt werden.

Für horizontalen Zug oder für den Fall, daß eine Last (wie z. B. ein Schiff) einer geringen Böschung hinangezogen werden soll, ist die Zusammensetzung Fig. 317 sehr zweckmäßig. Bei vertikalem Hub verdient diejenige von Fig. 318 angewendet zu werden. Diese letztere hat man statt der einfachen Fuhrmannswinde angewendet, um die schwierigere Verfertigung einer gezahnten Stange eines Getriebes u. s. w. zu vermeiden, und es soll in der That Fälle geben, wo diese Verwechslung von Nutzen ist, indem mit der genannten Zusammensetzung mehr Kraft ausgeübt werden kann, als mit einer gewöhnlichen Kellerwinde, die nur ein einziges Getriebe enthält; es darf dann aber auch auf keine Zeit ankommen, die man natürlich in demselben Maaße verliert, in welchem man Kraft gewinnt.

Die eben genannte Vertauschung einer gezahnten Stange und eines Getriebes findet man manch-

mal angewendet bei Schleußen, um die Schnecken oder Rinnketten zu öffnen: mit denselben ist dann die gezahnte Stange A B Fig. 320 verbunden; sie wird aufgezogen durch einen losen Hebel C D, welcher keinen beweglichen Sperrhaken besitzt, sondern mit einem eisernen Schuh C versehen ist, und deshalb in der Form am meisten mit einem Brecheisen übereinstimmt. Dieser Schuh hat eine runde Ferse oder Absatz, den man in eine halbrunde Pfanne a stellt, die zum Unterstützungs= und Drehungspunkte dient. Im Nothfalle wird die Stange durch einen Sperrkegel b c unterstützt, wenn man mit dem Hebel einen andern Zahn fassen will; und wenn die Schnecke durch eigne Schwere nicht sinken oder genau geschlossen werden kann, so kann man dieselbe auch wieder auf eine ähnliche Weise schließen, indem man eine zweite Stange neben die erste bringt, die jedoch in einer entgegengesetzten Richtung gezahnt ist ꝛc.

b) Eine ähnliche Zusammensetzung, wie diejenige von Fig. 316 ist angewendet worden zur langsamen Bewegung eines Backtroges (sie wurde vor einigen Jahren in der Provinz Gröningen erfunden, ist indessen keinesweges allgemein anwendbar geworden), um den Teig nicht mit den Händen oder den Füßen, sondern durch mechanische Mittel zu kneten. Die Einrichtung des Troges war der Hauptsache nach folgende:

An eine eiserne Spindel S Fig. 316, welche in zwei festen Lagern oder Unterstützungspunkten (auf jeder Seite des Troges und außerhalb desselben) sich dreht, ist der eiserne Schwengel S A angebracht, welcher bei A eine quer laufende hölzerne Handhabe trägt. Dieser Schwengel bildet mit der Richtung der Spindel S einen scharfen Winkel, damit das Ende A nicht vor dem Troge, sondern zur Seite

desselben heraustrete, so daß der Becker zur Seite des Troges den Schwengel hebt und niederdrückt.

An einem Punkte B des Schwengels, nicht weit von der Spindel S, doch über dem Troge liegend, läuft eine eiserne Stange parallel der Spindel S und etwas weniger lang als der Trog im Lichten breit ist. Diese Stange ist fest mit der Spindel S verbunden und trägt an beiden Enden vertikale Stangen, wie z. B. B C, welche zwei vertikale dreieckige Kneteisen a und b festhalten. Diese Kneteisen, welche beinahe so lang sind, als der Trog im Lichten breit ist, können bis auf den Boden des Troges gedrückt werden. Der Trog hat die gewöhnliche Länge, jedoch eine mehr als gewöhnliche Stärke oder Schwere; er ruht auf vier Rollen, welche in einem etwas geneigten Geleise laufen, das die doppelte Länge des Troges besitzt. In diesem Geleise wird der Trog mittelst einer Sperrstange (die mit seiner hintern Seite in Verbindung steht und nebst den Sperrhaken beinahe so eingerichtet ist, als die Zusammensetzung von Fig. 316) jedesmal, wenn der Schwengel S A gehoben wird, ein wenig fortgerollt, um dadurch zu bewirken, daß auch beständig beim Niederdrücken des Schwengels S A mit den Kneteisen ein anderer Theil des Teiges im Troge geknetet werde. Hat der Trog seine Bahn durchlaufen, so hört der Becker zu kneten auf; er hebt den Sperrhaken, wie auch den Schwengel S A und schiebt den Trog wieder zurück, um wie zuvor den Teig von dem einen Ende des Bodens bis zum andern wieder durchkneten zu können.

Wie wünschenswerth es auch seyn möchte, daß der unschicklichen Gewohnheit, den Brodteig mit Füßen zu kneten, ein Ende gemacht, und daß dieser Theil der Arbeit des Beckers durch eine Maschine verrichtet werde, so hat man doch gewiß einen gu-

ten Grund, warum die beschriebene Maschine bei einigen Beckern nur eine kurze Zeit lang in Anwendung geblieben ist. Bei dem Kneten mit den Füßen wird der Druck mehrentheils erzeugt durch das Körpergewicht des Kneters, während derselbe bei Anwendung der Maschine erst den schweren eisernen Schwengel heben und alsdann denselben wieder mit Kraft niederdrücken muß, welche abwechselnde Kraftäußerung sehr beschwerlich ist, wenigstens ist diese Arbeit viel schwerer als das Kneten mit den Füßen, selbst wenn zwei Männer an dem Schwengel angestellt würden. Die Maschine muß auch jedesmal mit der Hand zurückgeführt werden und ist über dieses noch mit der Unannehmlichkeit verbunden, daß sie einen noch einmal so großen Raum, als die gewöhnliche Länge des Backtroges in Anspruch nimmt, was in vielen Bäckereien, die keine kleine Tröge anwenden können, häufig einen Grund abgeben wird, diese Maschine nicht anzuwenden.

Die beschriebene Art, den Brodteig zu kneten, ist nicht die einzige, welche man für diesen Zweck ersonnen hat. Man hat viele Knetemaschinen erfunden und sie an manchen Orten in Anwendung gebracht, aber von denselben haben viele denselben Fehler wie die eben beschriebene; andere, welche eine kreisförmige Bewegung erhalten (und deshalb Knetmühlen heißen), erfordern häufig einen großen Raum. Es giebt jedoch unter ihnen welche, die sehr einfach eingerichtet sind und dem Zwecke sehr gut entsprechen. Diese können hier nicht beschrieben werden; aber eine Angabe der Verbesserung der vorhergehenden Knetmaschine wird keine zu große Abschweifung von unserm Zweck verursachen.

Eine Knetmaschine muß im Allgemeinen folgende Anforderungen erfüllen:

1) Es müssen die arbeitenden Theile (nämlich die Kneteisen oder Kneter) das Kneten mit Kraft verrichten können.

2) Es darf die Maschine möglichst wenig Platz einnehmen.

3) Es darf die Bewegung der Maschine den Arbeiter nicht mehr oder nicht viel mehr anstrengen, als wenn er auf die gewöhnliche Weise mit den Füßen knetet.

Daß die Maschine so einfach wie möglich eingerichtet sey, ist immer eine Hauptregel; durch eine mechanische Zusammensetzung wird sie natürlich immer kostbarer. Diese mehrern Kosten können keinesweges vermieden werden. Obschon nun über die verschiedene Art, wie man den Trog, den oben genannten Punkten entsprechend, einrichten kann, viel zu sagen wäre, so verbietet doch die Kürze, mit welcher jede einzelne Maschine hier angeführt und beurtheilt werden muß, jede weitschweifige Darstellung, und wir erlauben uns deshalb blos Nachstehendes als das Resultat einer Untersuchung über die auf- und niedergehenden Knetemühlen mitzutheilen:

1) Daß das Kneten mittelst Kneteisen wie diejenigen der oben beschriebenen Maschine mit hinlänglicher Kraft und mit gutem Erfolg stattfinden könne.

2) Daß man, um den Teig an allen Orten im Troge zu kneten, aus wichtigen Gründen gezwungen ist, dem Troge eine hin- und hergehende geradlinige Bewegung zu geben, deren Extension man jedoch dadurch, daß man zwei Kneteisen abwechselnd arbeiten läßt, um mehr als die Hälfte von derjenigen vermindern kann, welche für den oben beschriebenen Trog nöthig ist. Die Kneteisen verändern des-

halb nicht den Ort, und der Trog bleibt ein rechtwinkliges Gefäß, welches jedoch auf eine mechanische Weise um soviel vorwärts, als rückwärts bewegt werden muß.

3) Daß die Bewegung der Maschine mit den Füßen gegeben werden müsse, so daß der Becker auf keine andere Weise seine Kraft auszuüben braucht, als er beim Kneten mit den Füßen zu thun gewohnt ist.

Dem Inhalte dieser Sätze zufolge würde die Hauptsache der Einrichtung einer zweckmäßigen Maschine zum Kneten des Teiges mit den Füßen in Folgendem bestehen (wobei wir der Kürze halber solcherlei Punkte wie Maaß, Form u. s. w. ganz unberücksichtigt lassen): der Trog habe eine geringere Länge als gewöhnlich, sey aber etwas breiter. Ueber demselben drehe sich eine Spindel A B Fig. 321 in festen Lagern, die nicht mit dem Troge verbunden sind. An diese Spindel bringe man zwei Balanciers C A D, C B D, die einen Abstand A B von etwas weniger als der Breite des Troges haben, und jeder eine halbe Länge A D = A C, was $\frac{1}{4}$ Länge des Troges gleich kommt (in Folge dieser Dimension braucht der Trog nur abwechselnd einen Raum zu durchlaufen, welcher seiner halben Länge gleich ist). Die Stangen D E und C F mit den dreieckigen Kneteisen E E, F F sind mit diesen Balanciers fest (d. h. ohne Scharniere) verbunden. Außerhalb des Troges in der Richtung seiner Länge befinden sich am Boden zwei Trittbreter L M, l m, welche mit Druck- und Zugstangen J G und H K (die sich um Gelenke drehen können) an den Enden der Stäbe D D G und C C H verbunden sind, welche durch die Enden der Balanciers laufen. Diese Trittbreter werden nun vom Becker getreten; dadurch arbeiten die Knet-

eisen wechselsweise, jedoch ohne Unterbrechung, während die Schwere der eisernen Stangen und Stäbe der Bewegung hier kein anderes Hinderniß in den Weg legt, als dasjenige der Reibung der Spindel A B in den Pfannen, während die genannte Schwere an beiden Seiten der Welle gleich viel beträgt und also im Gleichgewicht ist.

Die Trittbreter sind so dargestellt, daß sie als Hebel der zweiten Art wirken, aber nach Erforderniß örtlicher Umstände kann man sie auch als Hebel der ersten Art einrichten.

Mit den beiden langen Seiten des Troges ist eine Sperrstange R, r verbunden; auf dieselbe wirkt ein Sperrkegel o, q welcher deshalb wegen der abwechselnden Bewegung der Spindel A B und der mit ihr verbundenen Arme n, p die fortschreitende Bewegung des Troges verursacht. Diese Sperrkegel wirken aber nicht zugleich, sondern einzeln; der eine q wird gehoben, so lange der andere o den Trog bewegt; ist der Trog ans Ziel seiner Bewegung gelangt, so wird der Sperrhaken o gehoben und der andere q in Wirksamkeit gesetzt, wodurch der Trog alsdann zurückkehren muß, da sowohl die Zähne der Stange r, als auch der Sperrhaken q in einer umgekehrten Richtung in Bezug auf die Zähne der Stange R und des Sperrhakens o angebracht sind.

Man findet endlich noch ein merkwürdiges Beispiel der Erzeugung einer steten geradlinigen Bewegung aus einer unterbrochenen abwechselnden kreisförmigen Bewegung in der Art, wie kleine Boote mit gewöhnlichen Rudern bewegt werden; jedoch ist hier der mechanische Theil sehr verschieden von den oben beschriebenen Zusammensetzungen (was aus der Art und zugleich aus der beständigen Verrückung oder Veränderung des Unterstützungspunktes hervorgeht).

Ein Ruder ist ein Hebel der zweiten Art, denn im Widerstande des Wassers findet man den Unterstützungspunkt; an dem andern Ende des Ruders wirkt die Kraft und das Boot als die fortzubewegende Last befindet sich zusammt dem Ruder zwischen Kraft und Unterstützungspunkt. Wenn ein Ruderer sich allein in einem kleinen Boote befindet, muß er sich beständig umsehen, um die Richtung der Bewegung seines Bootes genau zu erfahren; um nun zu bewirken, daß er (ohne auf eine andere Art als sitzend und das Ruder von hinten nach vorwärts ziehend, zu rudern) zugleich in derselben Richtung sehen könne, nach welcher er sein Fahrzeug rudert, muß man ihn an dem Ruder als an einem Hebel der dritten Art wirken lassen; dieses giebt jedoch eine weitläuftige mechanische Zusammensetzung, welche, um mit zwei Rudern zugleich rudern zu können, nicht gut von einem einzigen Manne gehandhabt werden kann.

Man kann die Bewegung auf eine vollkommnere Art und ohne Unterbrechung so herstellen, daß man an jeder Seite des Bootes zwei kleine und leichte Schaufelräder anbringt, wie man sie im Großen an Dampfbooten findet, deren gemeinschaftliche Welle im Fahrzeuge zu einem Krummzapfen gebogen ist, und mit einer langen Stange umgedreht werden muß, die auf dieselbe Weise und mit eben so viel Leichtigkeit hin- und herbewegt wird, als ein Ruder. Ohne Steuerruder würde man jedoch das Boot mit den Schaufelrädern nicht steuern können, wie man dieses mit den Ruderstöcken ausführen kann; aber der Ruderer kann hier zu gleicher Zeit auch das Steuerruder regieren.

§. IV.

Angabe der Mittel, um die abwechselnde kreisförmige Bewegung in eine stete kreisförmige Bewegung zu verwandeln.

43) **Erstes Mittel. Kurbeln.** Wenn das Ende einer Kurbelstange B D Fig. 322 verbunden wird mit dem Ende eines Hebels, oder eines Balanciers B A C, welcher eine abwechselnde kreisförmige Bewegung hat, so kann die Kurbel D E durch diese Bewegung umgedreht werden. Die Extension der abwechselnden Bewegung am Ende B muß der doppelten Länge der Kurbel ungefähr gleich seyn und an die Kurbelwelle muß ein Schwungrad kommen, um die Kurbel durch ihre todten Punkte zu führen.

Die Dimensionen dieses Schwungrades müssen auf dieselbe Weise bestimmt werden, wie oben §. II. Art. 37 angegeben ist, wenn nämlich die Stange B D durch die Kraft sowohl emporgezogen, als niedergedrückt wird. Wirkt die Kraft nur während eines halben Umganges der Kurbel und nicht während die kreisförmige Bewegung in einer entgegengesetzten Richtung abwechselt, so muß das Schwungrad die Bewegung während der zweiten Hälfte der Umdrehung unterhalten und darnach muß dessen Größe alsdann regulirt werden, was nach den Beispielen, die zur Bestimmung der Dimensionen der Schwungräder in §. III. des vorhergehenden Capitels gegeben worden sind, nun keine besondern Vorschriften erfordert.

Wenn das Ende C durch eine abwechselnde geradlinige Bewegung abwechselnd umgedreht wird, so wird das beschriebene Mittel dazu dienen, die abwechselnde geradlinige Bewegung auf eine gewisse Entfernung in eine stete kreisförmige Bewegung

zu verwandeln. Ein merkwürdiges Beispiel davon bieten die Dampfmaschinen dar.

Der Hebel B A C, welcher abwechselnd gedreht wird, kann von jeder Art seyn; in Fig. 322 ist er ein Hebel der ersten Art, und in Fig. 323 ein Hebel der zweiten Art, wenn der Drehungspunkt in S liegt und die Kraft am Ende A wirkt. Der Bogen, welchen das Gelenk B der Kurbelstange abwechseld beschreibt, muß um so viel kleiner seyn, als der Bogen der durch den Punkt A beschrieben wird, um wieviel der Hebelarm B S kürzer ist, als A S, so daß man durch diesen Bogen die Länge der Kurbel C D kennen lernt. Fig. 324 zeigt durch eine andere Stellung der Theile als die in Fig. 323 dasselbe Beispiel. Fig. 325 ist ein Beispiel der gewöhnlichen Fußbretkurbel, indem das Fußbret A B mit dem Fuße abwechselnd bewegt wird, wie ein Hebel der dritten Art. Bei vielen sehr bekannten Maschinen, z. B. bei den einfachen Drehbänken, bei den Spinnrädern, bei der Maschine des Scheerenschleifers u. s. w. wendet man die Fußbretkurbel an, um die arbeitenden Theile in stete Umdrehung zu setzen. Das Fußbret wird dann mit dem Fuße nur niedergedrückt und das Aufheben desselben muß durch das vorhandene Schwungrad, oder durch die Fortdauer der ersten mitgetheilten Bewegung geschehen.

Mit Hülfe von Räderwerk, Winkelhebeln u. s. w. kann die Bewegung in verschiedene Ebenen auf alle Entfernungen und mit verschiedenen Geschwindigkeiten fortgepflanzt werden. Ohne Anwendung von Räderwerk läßt sich ebenfalls die Geschwindigkeit der kreisförmigen Bewegung auf eine sehr einfache Weise in allen Verhältnissen herstellen; denn, wenn man eine Welle a Fig. 323 abwechselnd umdreht, so wird auch die Kurbel a b eine abwechselnd kreisförmige Bewegung haben und dieselbe durch eine

Stange b A dem Hebel A S mittheilen, wodurch die Welle D eine anhaltende kreisförmige Bewegung empfangen muß. Wenn nun die Kurbel a b von c bis b und von b wieder bis c hin- und herschwingt, so wird sich die Welle D auf zwei solche Schwingungen einmal umdrehen. Dasselbe wird noch stattfinden, wenn die Kurbel a b ganze Umdrehungen vollendet, die gleichwohl abwechselnd hin- und hergehen (obschon auf diese Weise eine anhaltend kreisförmige Bewegung der Welle a auch der Welle D eine anhaltende kreisförmige Bewegung mittheilen wird); aber wenn die Kurbel a b erst in der einen Richtung mehr als eine Umdrehung vollendet, und dann wieder in der entgegengesetzten Richtung einen gleichen Bogen beschreibt, so muß sich die Welle D auch mehr als einmal während der abwechselnden kreisförmigen Bewegung in der genannten Extension umdrehen.

Ein Rad oder eine Scheibe an der Welle a wird sich durch die abwechselnde geradlinige Bewegung einer Kraft, welche an einem Seil P Q zieht, und durch die Wirkung eines Gewichtes R, das an der andern Seite des Umfanges der Scheibe hängt, abwechselnd umdrehen. Auf diese Weise kann deshalb die kreisförmige Bewegung einer Welle D aus einer abwechselnd geradlinigen Bewegung in der Richtung P Q abgeleitet werden; aber wenn die Widerstände der Reibung u. s. w. nicht beträchtlich sind, so wird diese Bewegung wegen des beschleunigten Herabsinkens des Gewichtes R nicht sehr regelmäßig seyn können.

44) Zweites Mittel. Räderwerk.

a) Der Hebel oder der Balancier A B Fig. 326 hat eine abwechselnde kreisförmige Bewegung um den Punkt A; das Ende B ist durch eine Stange B C mit der Kurbel C D verbunden; die Kurbel ist

nicht fest mit der Welle D verbunden und kann sich deshalb umdrehen, ohne diese Welle mit umzudrehen. Mit der Kurbelwarze C ist ein Rad b fest verbunden, welches auf ein Rad a wirkt, welches fest auf der Welle D sitzt. Die Kurbelwarze sitzt fest in der Kurbel, so daß das Rädchen b sich nicht mit seiner Welle in der Kurbel drehen kann. Der Grund, weshalb das Rad a sich zweimal bei einem Umgange von b dreht, liegt in dem Umstande, daß das Centrum von b einen Umfang beschreibt, welcher gleich ist dem doppelten Umfange des Rädchens a (wenn nämlich a und b gleich groß sind), welches jedoch durch die feste Verbindung von b mit CD genöthigt wird, einen gleichen Weg zurückzulegen und deshalb zwei Umgänge machen muß, während das Rädchen b einen Umgang macht. Wenn der Effect, der auf diese Weise erlangt wird, ganz derselbe wäre, wie derjenige, den man mit einer fest auf der Welle D sitzenden Kurbel Fig. 322 zuwege bringt, so könnte es gar keinen Grund geben, diesem zusammengesetzten Werkzeuge vor dem vorhergehenden Fig. 322 den Vorzug zu geben. Der Effect ist jedoch verschieden, denn dieses Werkzeug kann benutzt werden, um die Geschwindigkeit der Umdrehung der Welle D zu vergrößern, ohne eine gleiche Vergrößerung der abwechselnden Bewegung des Hebels AB.

Wenn z. B. die Räder a und b gleich groß sind, und das Rad b sich nicht drehen könnte, so würde die Welle D einen ganzen Umgang vollenden, während das Ende B des Schwengels einmal auf- und niedergehe. Dieselben Zähne von a und b müßten dann mit einander im Eingriffe bleiben und a würde durch b genöthigt werden, der Bewegung der Kurbelwarze C zu folgen. Es wird jedoch angenommen, daß das Rad b sich drehen könne;

seine Kurbelwarze dreht sich nämlich im Auge und im Lager der Kurbel und der Kurbelstange. Deshalb muß das Rad a auch noch eine besondere Bewegung durch diejenige des Rades b bekommen. Die Räder sind gleich groß; folglich macht a einen Umgang, wenn b sich einmal umdreht. Da nun noch die besondere Umdrehung hinzukommt, welche das Rad b dem Rade a mittheilt, wegen der Umdrehung der Kurbel und der Kurbelwarze C, so muß hieraus folgen, daß das Rad a zweimal umläuft, während der Punkt B einmal auf- und niedergeht.

Wäre das Rad a halb so groß, als b, so müßte a einen Umgang machen wegen der Umdrehung der Kurbelwarze C, und zweimal sich umdrehen in Folge der Umdrehung des Rades b, weshalb a alsdann drei Umgänge für einen Auf- und Niedergang des Schwengels AB u. s. w. vollenden würde, so daß das Verhältniß der Geschwindigkeiten beider Bewegungen sehr verschiedenartig werden kann durch die Veränderung des Verhältnisses zwischen den Halbmessern der Räder a und b.

Im Großen ist diese Zusammensetzung anwendbar, aber häufig ist es besser, die umdrehende Bewegung erst auf die in Fig. 322 angezeigte Weise auf eine Welle überzutragen und dieselbe alsdann mit Hülfe von Räderwerk der Welle D in dem erforderlichen Verhältnisse der Geschwindigkeit mitzutheilen.

Anmerk. Statt die Kurbelstange mit der Welle des Rades b zu verbinden, kann man sie auch an einem Bolzen am Umfange des Rades b schließen. Dadurch wird die leichte Umdrehung des Rades b um seine Welle C befördert.

b) Um dieselbe Welle AB Fig. 327 drehen sich zwei Kegelräder C und D rund auf rund, und des-

halb lose; sie können jedoch mit der Welle sich umdrehen mit Hülfe der Sperrräder a und b, welche fest auf der Welle AB sitzen. Bringt man nun die beiden Sperrkegel c und d in entgegengesetzten Richtungen an, und sind deshalb auch die Zähne der Sperrräder entgegengesetzt gerichtet, so müssen die Räder A und B mit der Welle AB sich natürlich abwechselnd drehen, wenn diese abwechselnd bewegt wird; sie können folglich ihre Bewegung wechselsweise im rechten Winkel der Welle eines dritten Rades E mittheilen, welches auch in derselben Richtung stete umgedreht werden soll.

c) In derselben Ebene kann man einen solchen Effect auch mit Stirnrädern erlangen, obschon die Zusammensetzung dann aus mehr Theilen, als im vorhergehenden Falle bestehen wird; denn die abwechselnde Bewegung des Rades A Fig. 328 wird die Wellen der Räder B und C mit Hülfe der entsprechenden Sperrräder abwechselnd in entgegengesetzten Richtungen umdrehen, welche Bewegungen durch Scheiben und Riemen ohne Ende auf eine vierte Welle D fortgepflanzt werden können, so daß sich dieselbe stete in derselben Richtung umdreht.

d) Man braucht indessen nicht einmal zwei besondere Räder und Wellen B und C anzuwenden, sobald ein Schwungrad auf die in Umlauf zu setzende Welle gezogen ist; denn, wenn diese Welle Fig. 329 durch den Druck des Sperrkegels k (am losen Rade B befestigt) auf die Zähne des festen Sperrrades C zum Theil umgedreht ist, während die abwechselnde kreisförmige Bewegung des gezahnten Bogens A in der Richtung ab stattfindet, wird die Kraft eines aufgezogenen Schwungrades groß genug seyn können, um die Bewegung während der entgegengesetzten Bewegung des Rades B mit dem Bogen A in der Richtung cd zu unterhalten.

Im Falle diese Einrichtung benutzt werden könnte, ist die Anwendung von Räderwerk nicht unvermeidlich nothwendig, da das Rad B und der Bogen A ersetzt werden können durch zwei Scheiben, über welche ein Riemen ohne Ende läuft, womit zugleich der Vortheil verbunden ist, die Bewegung auf eine bequeme Weise, auf alle Entfernungen, in verschiedenen Richtungen und in verschiedene Ebenen, wie auch mit verschiedenen Geschwindigkeiten fortpflanzen zu können.

In dem Falle jedoch, daß die Scheibe, welche die ursprüngliche abwechselnde kreisförmige Bewegung empfängt, sehr groß seyn müßte, um der Welle eine große Umdrehungsgeschwindigkeit mitzutheilen, oder daß der Ort, die Richtungen der Bewegungen u. s. w. die Anwendung derselben hinderten, so kann man an ihrer Stelle einen Balancier AB Fig. 330 mit einem Kreisstücke B versehen, anwenden. Auf die umzudrehende Welle wird dann eine lose Scheibe C gezogen; um diese Scheibe läuft ein Riemen, dessen Ende an das Kreisstück B befestigt ist, während am andern Ende ein Gewicht P hängt, wobei dieser Riemen durch einen Haken a mit dem Umfange der Scheibe C in Verbindung steht, so daß er nicht gezogen werden kann, ohne daß die Scheibe C mit in Bewegung gebracht wird. Der Effect nun ist deutlich: Geht das Ende B des Balanciers in die Höhe, so muß der Sperrkegel der Scheibe C auf das Sperrrad wirken und die Welle D wird durch die am Balancier wirkende Kraft umgedreht werden; geht das Ende B nieder, so führt das Gewicht B die Scheibe C zurück, während die Welle D durch die Fortdauer der Bewegung des Schwungrades nicht aufhören wird, sich in derselben Richtung umzudrehen. Diese Wirkung findet bei jeder abwechselnden Umdrehung des Hebels statt; jedoch die Be-

wegkraft verliert jedesmal einen Theil ihres Momentes, da sie beständig das Gegengewicht P heben muß.

45) Drittes Mittel. Sperrräder. Wenn auf jeder Seite des Drehungspunktes S eines Balanciers ASB Fig. 331 ein Sperrhaken EC und DF angebracht wird, dergestalt, daß sich beide um die Nägel C und D drehen können, und auf die Zähne des Sperrrades M wirken, so muß die Welle dieses Rades durch die abwechselnde kreisförmige Bewegung des Balanciers ASB stete umgedreht werden. Wird der Balancier durch die wechselsweise Wirkung zweier Kräfte an den Seilen AH und BI in Bewegung gesetzt, so entsteht die umdrehende Bewegung der Welle M aus der abwechselnden geradlinigen Bewegung der Seile AH und BI. Eine Last G, welche durch die Welle M auf- und abgewunden wird, erlangt auf dieselbe Weise eine anhaltende geradlinige Bewegung. In §. II. dieses Kapitels ist die Anwendung dieser und ähnlicher Zusammensetzungen bereits erklärt. Sie eignen sich besonders, um langsame Bewegungen sehr regelmäßig herzustellen, oder um mit wenig Kraft schwere Lasten langsam fortzubewegen, und sie werden diese Effecte vollkommener und kräftiger gewähren, wenn die Zähne des Sperrrades im Verhältnisse zu seinem Durchmesser kleiner sind.

Wie groß diese Zähne genommen werden müssen, um der Welle M eine bestimmte Geschwindigkeit mitzutheilen, wenn die Hebelarme SD und SB, und die Extension der abwechselnden kreisförmigen Bewegung gegeben sind, ist bereits in §. II. weiter oben angezeigt. Hier ist blos noch zu bemerken, daß die Länge der Sperrhaken so bestimmt werden müsse, daß die durch die Drehungspunkte C und D, und durch die Punkte E und F der Zähne (in welche die Sperrhaken eingreifen sollen) gezogenen Li-

nien Tangenten vom Theilkreise des Sperrrades seyn müssen.

Statt eines Sperrrades kann man auch einen Drilling mit runden Triebstöcken Fig. 332 anwenden; ein Rad mit scharfen Zähnen ist indessen dauerhafter und erzeugt eine genauere Bewegung.

a) Die Figg. 333 bis 335 geben dieselbe Zusammensetzung, jedoch in der Form etwas modificirt durch die Richtung der abwechselnden kreisförmigen Bewegung, so wie auch in der Weise, wie dieselbe durch die bewegende Kraft erzeugt wird. Auf dieselbe Weise ist die in Fig. 336 dargestellte Form nur eine Modification der allgemeinen Form von Fig. 331, indem der Hebel oder der kurze Balancier a b durch die abwechselnden Umdrehungen derselben Welle oder Spindel bewegt wird, welche diese Bewegung wiederum von dem Pendel A B empfängt, der durch die bewegende Kraft unmittelbar bewegt wird.

Bei einer bekannten Baggermaschine wurde ein auf diese Weise in Umdrehung gesetztes Sperrrad angewendet, um ein großes Rad mit Schaufeln in Umdrehung zu setzen, durch welche die Sohle eines Canales u. s. w. ausgetieft werden sollte. Das große Rad lief durch eine verkleidete Oeffnung im Boden eines Bootes, welches langsam fortbewegt wurde u. s. w.

b) Mit einem Kronsperrrade kann die Bewegung auch rechtwinklig fortgepflanzt werden, und selbst in eine Ebene, die mit derjenigen der ersten Bewegung einen spitzen oder stumpfen Winkel bildet, ohne daß man dazu immer die Hülfe von Räderwerk nöthig hätte. Durch Betrachtung von Fig. 337 wird man sich hiervon einen Begriff machen können.

c) Läßt man nur einen einzigen Sperrkegel wirken, so wird das Sperrrad nur beim Zurückge-

hen vom Hebel bewegt und deshalb mit Zwischenräumen der Ruhe. Die Figg. 339 bis 342 geben hiervon einige Darstellungen, welche nur in der Stellung des Drehpunktes des Hebels und in der Richtung der Zähne des Sperrrades verschieden sind. Mit einem Kronsperrrad Fig. 338 erlangt man denselben Effect, denn durch die abwechselnde Umdrehung des Hebels BC um die Spindel A müssen die einander entgegengesetzten Sperrhaken a und b den gezahnten Ring DE umdrehen und auch das Rad mit seiner Spindel A mit Zwischenräumen der Ruhe umdrehen.

In Fig. 341 und 342 verlangt die Stellung des Sperrkegels oder Sperrhakens, daß derselbe durch eine Feder stets gegen die Zähne des Rades angedrückt werde. Von diesen Bewegungen trifft man Beispiele an in Maschinen, mit welchen Eisen gebohrt wird. Der Bohrer und das zu bohrende Stück müssen beständig in gewissem Grad an einander angedrückt werden. In dem Maaße, in welchem das Bohren vorschreitet, muß der Bohrer verrückt und stets auf dieselbe Weise angedrückt werden, welche Bewegung abgeleitet wird von einer Welle, welche durch ein Sperrrad langsam und mit Zwischenräumen der Ruhe umgedreht wird, und eine Kette aufwindet, die mit dem Bohrer verbunden ist.

In den Maschinen, mit welchen Lederstücken auf eine sehr regelmäßige Weise durchstochen werden, um die eisernen Krempelhäkchen durch diese Oeffnung zu stecken und diese Lederstücke um die Trommeln der Baumwollen- und Wollenstreichmaschinen zu befestigen, — in solchen Maschinen empfängt das ausgespannte Leder eine langsame und höchst regelmäßige fortschreitende Bewegung, indem dasselbe um eine Welle gewickelt wird, welche durch ein Sperrrad mit Zwischenräumen der

Ruhe bewegt wird, denn es darf nämlich beim Niedergehen des schwankenden Balanciers das Leder nicht bewegt werden, indem es in diesen Momenten gerade durchstochen wird.

Ein Beispiel einer kreisförmigen Bewegung mit Zwischenräumen der Ruhe, welche mittelst eines Kronsperrrades aus einer abwechselnden kreisförmigen Bewegung abgeleitet und rechtwinklig fortgepflanzt wird, trifft man in unsern gewöhnlichen holländischen Schnupftabaksmühlen an.

Die Tonne A Fig. 343 nämlich, in welcher die Carotten oder der grob rappirte Schnupftabak noch mehr zerkleinert werden soll, muß während der Bewegung der Stampfeisen langsam und zwar mit kurzen Zwischenräumen der Ruhe umgedreht werden. Diese Bewegung kann übrigens nicht wohl anders, als von der drehenden Bewegung der Welle B, welche die Stampfeisen hebt, abgeleitet werden. Für diesen Zweck wird der stehende Hebel CDE durch die Wellfüße a und b beständig um seinen Drehungspunkt D umgedreht, und fällt durch eigne Schwere wieder gegen seine Stütze F. Während der ersten Bewegung zieht der Sperrhaken EG das Kronsperrrad HI mit der Tonne A im Kreise herum; wenn der Hebel nach dem Auslassen der Wellfüße a oder b zurückfällt, so schreitet der Sperrhaken GE vorwärts, um einen folgenden Zahn des Sperrrades zu ergreifen u. s. w.

Viertes Kapitel.

Ueber die verschiedenen Mittel, aus der abwechselnden geradlinigen und kreisförmigen Bewegung ähnliche abwechselnde Bewegungen abzuleiten.

§. I.

Angabe der Mittel, um die abwechselnde geradlinige Bewegung als eine solche fortzupflanzen.

46) Erstes Mittel. Zuerst kann man für diesen Zweck alle die Mittel anwenden, welche im ersten Kapitel §. I. angegeben sind, um die geradlinige Bewegung als eine solche fortzupflanzen; denn wenn bei diesen Mitteln (angegeben in Fig. 1 bis Fig. 13; Fig. 21 bis Fig. 34 und Fig. 36 bis Fig. 44) die ursprüngliche Bewegung nicht geradlinig, sondern abwechselnd geradlinig ist, so muß auch die abgeleitete Bewegung abwechselnd geradlinig seyn.

Als ein besonderes Mittel ausschließlich für die rechtwinklige Fortpflanzung der abwechselnden geradlinigen Bewegung geeignet, kann man sich eines Rahmens ABCD Fig. 344 bedienen, dessen vier gleich lange Seiten durch Scharniere mit einander verbunden sind, und dessen Winkelpunkte durch Stifte oder Rollen genöthigt sind, in rechtwinkligen Rinnen ab und cd sich zu bewegen. Sobald nun die zwei einander gegenüber liegenden Winkelpunkte A und C z. B. gegen einander oder von einander abwärts bewegt werden, müssen die beiden andern Winkelpunkte B und D sich einander nähern, oder sich von einander entfernen, so daß dieses abwechselnd stattfinden muß, wenn die zwei ersten Winkelpunkte eine

abwechselnde Bewegung haben. Die Bewegungen können jedoch nicht zugleich regelmäßig seyn.

47) Zweites Mittel. Zum andern kann man erst die abwechselnde geradlinige Bewegung nach den Vorschriften von §. II. des vorhergehenden Capitels in eine kreisförmige Bewegung verwandeln und daraus alsdann die beabsichtigte abwechselnde geradlinige Bewegung nach §. III. Cap. II. ableiten.

48) Drites Mittel. Endlich kann man die abwechselnde geradlinige Bewegung durch die im folgenden §. II. angegebenen Mittel erst in eine abwechselnde kreisförmige Bewegung umwandeln, und aus dieser letzten Bewegung dann wieder eine abwechselnde geradlinige Bewegung nach den folgenden §. III. und nach §. III. des zweiten Capitels ableiten. Die Figg. 345 bis 347 sind Beispiele der Fortpflanzung der abwechselnden geradlinigen Bewegung als eine solche mit Hülfe einer abwechselnden kreisförmigen Bewegung.

§. II.

Angabe der Mittel, um die abwechselnd geradlinige Bewegung in eine abwechselnd kreisförmige Bewegung umzuwandeln.

49) Erstes Mittel. Die Mittel, wie die geradlinige Bewegung in eine kreisförmige Bewegung umgewandelt wird (siehe Cap. I. §. II.) können auch angewendet werden, um die abwechselnde kreisförmige Bewegung abzuleiten. Wenn deshalb die Enden A und B Fig. 248 eines Seiles, welches um eine Scheibe oder Rolle C geschlagen ist, hin- und hergezogen werden, so dreht sich diese Scheibe abwechselnd um ihre Achse. Dieses einfache Mittel

benutzt man zuweilen beim Ausbohren von Steinblöcken oder von steinernen Cylindern, welche zu Rinnen oder Röhren unter der Erde dienen sollen. Die Steinsäge ist für diesen Zweck ein hohler Cylinder B Fig. 349, bestehend aus einem einzigen Stahlblatt, oder aus zwei oder aus drei verschiedenen Stücken, die einen kleinen Raum zwischen einander lassen. Der untere Theil dieses Cylinders ist der sägende Theil, welcher auf den Block A wirkt, der gebohrt oder ausgehöhlt werden muß. Die Säge ist durch allerhand mechanische Vorrichtungen mit einer senkrechten eisernen Spindel C (welche gerade durch die Mitte des Cylinders B läuft) so vereinigt, daß sie der Bewegung dieser Spindel folgen muß, doch zu gleicher Zeit kann sie auch ganz unbehindert, je nachdem das Aussägen fortschreitet, an derselben niedersteigen. An der genannten Spindel sitzt eine Scheibe D, welche durch die Arbeiter, die abwechselnd die Seile F E und G E niederziehen, auch abwechselnd umgedreht wird. Durch diese abwechselnde Bewegung leistet die Säge (mit Hülfe von Sand und Wasser, wie sich von selbst versteht) eine sehr gute Wirkung, welche durch keine stete kreisförmige Bewegung so vollkommen erlangt werden kann, wie sehr auch sonst die anhaltenden Bewegungen vor den abwechselnden Bewegungen den Vorzug verdienen.

Es ist nicht nöthig, daß zwei Kräfte vorhanden sind, um auf die in Fig. 348 bezeichnete Weise, eine abwechselnde kreisförmige Bewegung herzustellen, denn wenn man die Enden A und B der Schnur um vier Leitrollen A, B, C, D, E Fig. 350 oder auch um zwei Rollen Fig. 351 No. 1 und 2 zusammenfügt, so braucht man nur einen Theil dieser Schnur abwechselnd zu bewegen, um die verlangte abwechselnde kreisförmige Bewegung zu bekommen. Man kann auch die Enden der Schnur unmittelbar

mit einem Körper oder Theile verbinden, der eine abwechselnde geradlinige Bewegung besitzt. Der Fidelbogen Fig. 352, welcher bei Schmieden und Drechslern in Gebrauch ist, um damit Eisen zu bohren, dient zum Beleg; der Bohrer nämlich, welcher gegen das Eisen gedrückt wird, ist durch das Auge einer Scheibe A gesteckt, und empfängt von dieser eine geschwinde drehende Bewegung, welche mit der Richtung der Bewegung des Fidelbogens abwechselt.

Fig. 353 und 354 geben noch andere Beispiele abwechselnder drehender Bewegungen, welche von abwechselnden geradlinigen Bewegungen abgeleitet sind, und es ist nach Anleitung des in §. I. und II. Abgehandelten nicht schwierig, diese Beispiele durch verschiedene Umstände der Richtung der Entfernung der Geschwindigkeit der Bewegung u. s. w. nach Willkühr zu vervielfältigen.

50) Zweites Mittel. Die Art und Weise, wie aus der geradlinigen Bewegung eine abwechselnde kreisförmige Bewegung erlangt wird (siehe Cap. II. §. II.), kann auch angewendet werden auf den gegenwärtigen Fall.

Manche Mittel des zweiten Capitels §. III. wie z. B. Stäbe oder Stangen mit Hebelatten, welche durch Hin- und Hergehen den Daumen einer Welle eine abwechselnde drehende Bewegung geben, können auch hier angewendet werden; eben so auch Stäbe oder Stangen, welche Kurbeln eine abwechselnde kreisförmige Bewegung mittheilen (siehe die Figg. 239, 240, 250 bis 254, 263, 264, 265 und 266). Das Beispiel Fig. 355 steht mit diesen Mitteln in Verbindung; E ist ein fester Bolzen, um welchen die Arme CEF und DEG sich drehen können; sie sind durch zwei Scharnierstangen AC und AD mit der Stange AB verbunden, welche zwischen ihren Führungen hin- und herbewegt wird, und dadurch

werden die Enden F und G der Arme C F und D G abwechselnd um den Gelenkbolzen E gedreht.

Zu dem gegenwärtigen Falle können auch gerechnet werden einige Mittel des II. Cap. §. IV., wie z. B. Fig. 288 und 289; und auf dieselbe Weise einige Mittel des III. Cap. §. II. Durch alle diese Mittel hat man Gelegenheit, die abwechselnde geradlinige Bewegung in jeder Richtung auf jede Entfernung u. s. w. in eine abwechselnde kreisförmige Bewegung zu verwandeln.

51) Drittes Mittel. In sehr vielen Fällen wird es in der angewandten Mechanik erfordert, daß eine Stange oder ein Stab, welche abwechselnd bewegt wird, die Bewegung, ohne von ihrer Richtung abzuweichen, dem Ende eines Hebels mittheile, welcher dadurch eine abwechselnde kreisförmige Bewegung bekommt. Die Zusammensetzungen, welche hierzu benutzt werden können, gehören ausschließlich für den gegenwärtigen Fall.

a) Die einfachste Zusammensetzung besteht darin, daß man Fig. 356 den Stab A B durch eine Scharnierstange D E an einer oder an beiden Seiten mit dem Ende D des Hebels C D verbindet; denn dann ist dieser Hebel genöthigt, der Bewegung A B zu folgen. Die Bewegung des Hebels wird jedoch unregelmäßig seyn, wenn diejenige des Stabes A B regelmäßig ist; auch eignet sich diese Zusammensetzung gar nicht für geschwind abwechselnde Bewegungen, und wenn mit dem Hebel große Drucke überwunden werden müssen.

b) Besser ist es, dem Stabe A B Fig. 357 eine Gabel a b, c d zu geben, in welcher ein Röllchen D, oder ein Stift an dem Ende des Hebels C D eingeschlossen wird. Die Schenkel a b und c d der genannten Gabel müssen dann wechselsweise gegen das Röllchen oder gegen den Stift angedrückt wer-

den, und auf diese Weise den Hebel in Bewegung setzen. Indem man den Schenkeln der Gabel eine gewisse Krümmung giebt, ist man im Stande, die Bewegung des Hebels beinahe regelmäßig zu machen, wenn der Stab AB gleichförmig bewegt wird.

c) Die Einrichtung wird jedoch dauerhafter und von allgemeinerer Anwendbarkeit, wenn man das Ende des Hebels Fig. 258 mit einer doppelten Gabel versieht, welche den Stab AB an beiden Seiten umfaßt und mit dem Hebel genöthigt wird, der Bewegung dieses Stabes zu folgen, und zwar wegen des Stiftes oder des Röllchens a, welches quer durch die Augen der Gabel und durch den Stab AB geht. Die Schenkel der Gabel behalten eine geradlinige Form; dadurch wird die Bewegung des Hebels beinahe regelmäßig, wenn diejenige des Stabes regelmäßig ist; denn obschon die Kraft, mit welcher der Hebel in dem Stande Cb bewegt wird, schräg auf denselben wirkt und also geringer ist, als beim senkrechten Druck in dem Stande CD, so ist der Hebelarm in dem Stande Cb verhältnißmäßig soviel länger geworden, als die in der Richtung bo senkrecht auf dem Hebel zerlegte Kraft bd kleiner geworden ist; folglich werden die Momente der Kraft in den verschiedenen Ständen des Hebels immer gleich seyn, und die Bewegung wird auf diese Weise gleichförmig seyn.

Wenn die Bewegung schnell abwechselt und der Druck der zu bewegenden Last beträchtlich ist, so wird weder diese, noch die vorhergehende Zusammensetzung die zweckmäßigste seyn, die man in Anwendung bringen kann, weil die Stifte oder Rollen in den Augen der Gabeln schnell einen zu großen Spielraum bekommen, wodurch bei der Veränderung der Richtung der Bewegung empfindliche Stöße eintreten können.

d) Wenn das Ende des Hebels CD Fig. 359 mit einem Kreisstücke versehen ist, welches beinahe den Stab oder die Stange A B berührt, und wenn diese Stange verbunden wird mit dem Kreisstücke durch zwei Seile, Riemen oder Scharnierketten a b c und d e f, welche sich in der Mitte ohne Behinderung kreuzen, so muß nothwendig eine regelmäßig abwechselnde Umdrehung des Hebels durch die regelmäßige abwechselnde geradlinige Bewegung der Stange A B entstehen. Diese Zusammensetzung ist derjenigen von Fig. 351 No. 2 etwas ähnlich, jedoch kann sie, obwohl für schnelle Bewegungen u. s. w. mehr geeignet, als die vorhergehenden Zusammensetzungen nicht in jedem Falle, hauptsächlich nicht im Großen von allgemeiner Anwendung seyn. Geeigneter würde sie seyn, wenn die Kraft, welche die Stange A B bewegt, nur in einer Richtung wirkte, entweder blos, um den Stab niederwärts zu ziehen, oder ihn emporzuführen; und noch mehr eignet sich diese Zusammensetzung, um aus der abwechselnden kreisförmigen Bewegung des Hebels eine abwechselnde geradlinige Bewegung der Stange A B abzuleiten.

e) Wenn das Kreisstück D des Hebels gezahnt ist, und die Stange A B eine gezahnte Stange ist, wie in Fig. 354, so wird diese Zahnstange, wenn sie regelmäßig und immer in derselben geradlinigen Richtung hin- und hergeht, den Hebel oder Balancier auch eine vollkommen regelmäßige Bewegung mittheilen. Wo die Bewegung sanft seyn muß, wird dieses Mittel sehr geeignet seyn, jedoch niemals für den Fall, um großen Druck mit einer mehr als mäßigen Geschwindigkeit mitzutheilen, weil dann eine zu große Abnutzung der Zähne und eine große Wahrscheinlichkeit stattfindet, daß sie bei der Veränderung der Richtung der Bewegung bald brechen werden.

f) AB und CD Fig. 360 sind zwei Balanciers oder Hebel von gleichen Armen A B = C D; ihre Enden beschreiben deshalb die Kreisbogen a b c und d e f, welche dieselbe gemeinschaftliche Tangente g i haben. Diese Tangente wird hier als vertikal angenommen. Die Enden B und C sind durch eine Stange, welche sich um die Zapfen B und C drehen kann, mit einander verbunden. Diese Stange hat eine Länge = D E, d. h. = der vertikalen Entfernung beider Drehungspunkte A D, so daß, wenn beide Arme A B und C D sich in den horizontalen Ständen A b und e D befinden, die Stange B C vollkommen vertikal gerichtet ist nach der Tangente g i. In der Mitte dieser Stange ist ein Bolzen G, an welchem die Stange G I H befestigt ist, welche die Richtung der vertikalen Tangente g i besitzt, jedoch bei I ein wenig gebogen ist, um während der Bewegung mit dem Ende B des Armes A B nicht in Berührung zu kommen.

Durch diese Einrichtung werden beide Hebel oder Balanciers eine abwechselnd kreisförmige Bewegung empfangen, wenn die Stange H I G in der vertikalen Richtung g i abwechselnd geradlinig bewegt wird. Wäre die Stange H G nur mit einem der Balanciers durch eine Scharnierstange verbunden, so würde sie einigermaßen genöthigt werden, der kreisförmigen Bewegung dieses Balanciers zu folgen, und dann wird sie von der vertikalen Richtung g i abweichen, sie müßte denn durch eine Hülse laufen, welche ihr als Leitstück diente. Die Stelle einer solchen Hülse vertritt nun der weite Balancier, welcher die Stange immer soviel nach der genannten Vertikallinie hinzieht, als sie von derselben durch den ersten Balancier abgezogen wird. Dadurch bleibt die Stange G I H nun in der vertikalen Linie g i. Dieses wird jedoch nur mit ausreichender Genauig-

keit stattfinden, wenn die Bogen, welche durch die Hebel an jeder Seite der horizontalen Linien A b und e D beschrieben werden, nicht groß sind, d. h. höchstens 15 oder 16° und hiernach kann man sich in der Praxis immer richten, da die Balanciers jederzeit länger oder kürzer genommen werden können, wenn die Extension der Bewegung der Stange G H I größer oder kleiner seyn muß.

Der vertikale Abstand D E beider Drehungspunkte A und D, und die Länge der Stange B C ist nun ziemlich gleich der Extension der Bewegung der Stange G I H. Wenn nun diese Extension gegeben ist, so kennt man auch die Horizontallinien e D und A b, in welchen die Drehungspunkte A und D liegen müssen, denn auf der vertikalen Linie g i braucht man nur eine Linie G e, welche der gegebenen Extension gleich ist, abzuzirkeln und D e und b A alsdann senkrecht auf die Vertikallinie zu ziehen. Die Punkte G und e werden also die Stellen seyn, wo sich das Ende G der Stange G I H in seinem höchsten und tiefsten Stande befindet. Alsdann ist weiter nichts mehr zu thun, als die Länge der Arme C D und A B nach den stattfindenden Umständen so zu bestimmen, daß die Abweichungen der Bogen (welche ihre Enden nach oben und nach unten beschreiben) von der vertikalen Linie g i so gering als möglich sind; es muß diese Länge folglich nicht so gering genommen werden, daß die Bogen über 15 oder 16° groß sind.

In Fig. 360 No. 2 ist die Verbindung der Scharnierstangen B C mit dem Balancier und mit den Stangen in einer besondern Projection gegeben: m m und n n sind die Bolzen, welche durch entsprechende Augen des Hebels laufen und woran sich die Stangen C B drehen; p p ist der Bolzen, an welchem die Stange G I hängt. Alle diese Bolzen

drehen sich in Lagern, welche in die Scharnierstangen CB festgekeilt sind, wie aus der Figur aufs Deutlichste zu ersehen ist.

Diese Einrichtungen, nach welcher die Stange GIH bei I ein wenig gebogen ist, ist zwar die einfachste, doch man kann die Einrichtung auch so treffen, daß diese Stange gerade bleibt; alsdann muß das Ende des Balanciers AB offen seyn, nämlich wie in Fig. 360 No. 3 die Gestalt einer Gabel vuz haben, um sich ungehindert längs der Stange GH bewegen zu können. Der Bolzen nn läuft dann auch nicht durch, sondern besteht aus zwei kürzern Bolzen, welche fest mit den Armen der Gabel verbunden sind.

Endlich nehme man darauf Rücksicht, die Schwere der Arme AB und CD, wenn es möglich ist, durch Gegengewichte oder durch Gegenarme, wie z. B. DK zu äquilibriren; denn sonst besteht in beiden Richtungen der abwechselnd geradlinigen Bewegung kein gleicher Widerstand und dieses muß einige Unregelmäßigkeit in dieser Bewegung zur Folge haben können.

Wenn die Balanciers AB und CD nicht gleiche Länge haben, so fällt auch der Punkt G nicht in die Mitte von BC, und der Ort dieses Punktes muß dann durch eine besondere Construction oder Berechnung bestimmt werden.

g) Einen ähnlichen Effect erlangt man auf die Weise: man verbindet die Stange GH Fig. 361 mit dem Ende B des Hebels AB durch Scharnierstangen GIC, welche gerade in ihrer Mitte um den Bolzen I am Ende B sich drehen können; man vereinige das andere Ende C dieser Stange mit der Stange CD, welche sich um einen festen Bolzen D drehen kann, so wird die Bewegung der Stange GH eben so wie oben ohne merkliche Abweichung

von der vertikalen Richtung stattfinden, sobald die Bogen a b und a c, welche vom Ende I des Hebels beschrieben werden, nicht sehr groß sind, z. B. auch nicht mehr als 15 bis 16° betragen.

Man kann sich durch die Betrachtung der Figur leicht überzeugen, daß die Stange C D, welche sich um den festen Bolzen D dreht, hier denselben Dienst leistet, wie der zweite Balancier A B in Fig. 360 No. 1. Sie bringt nämlich die Stange G H jedesmal wieder in ihre vertikale Richtung, wenn dieselbe durch die kreisförmige Bewegung des Gelenkbolzens I von dieser Richtung abweichen sollte. Auf die bezeichnete Weise wird dann die vollkommen vertikale auf- und niedergehende Bewegung der Stange G H, ohne durch Hülsen u. s. w. geleitet zu werden, den Hebel A B abwechselnd umdrehen; aber diese Zusammensetzung ist gleichwohl geeigneter, durch die abwechselnde Umdrehung des Hebels A B die Stange G H in einer senkrechten Richtung zu heben, während sie mit dem Hebel durch eigne Schwere wieder sinkt. Die Stange G H kann z. B. diejenige des Kolbens einer großen Saugpumpe seyn.

Wenn die Länge A B, der Stand des Drehungspunktes A, die Extension der gleichen Bogen a b und a c, und die Länge der Stange G I C, (von welcher G I = I C ist) gegeben sind, so findet man den Stand des festen Drehungspunktes D und der Zugstangen C D auf die folgende Weise:

Man zeichne den Hebelarm in den zwei äußersten Ständen A b und A c, und im mittelsten Stande A a; man beschreibe den Bogen c a b mit A a als Halbmesser und aus A als Mittelpunkt; man ziehe die Tangente a G H, welche die Richtung der Bewegung der Stange G H ist; man beschreibe aus den Punkten b und c mit G I = I C als Halb-

messern zwei Bogen, welche die Linie a G H in den Punkten d und e schneiden; man ziehe d b h und e c i; man mache b h = c i = d b oder c e; man nehme endlich auf der Tangente a G H den Theil a k = G I oder I C und beschreibe durch die Punkte h k und i einen Kreisbogen, dessen Mittelpunkt D der verlangte Drehungspunkt seyn muß, während sein Halbmesser D i = D k = D h die Länge der Zugstange seyn wird.

h) Endlich giebt es noch eine dritte Zusammensetzung, bekannt unter dem Namen des Scharnier-Parallelogrammes, dessen Wirkung auf denselben Gründen beruht, wie diejenige der zwei vorhergehenden Zusammensetzungen, und welches in Construction auch mit demselben etwas gemein hat, aber wegen der genauen Wirkung, welche man mit demselben erlangt, von allgemeinerer Anwendung ist.

Um zwei Bolzen A A und B B (siehe Fig. 362 No. 1 und No. 2, welche die Perspective von No. 1 ist), welche durch den Arm A M eines Hebels oder eines Balanciers laufen, drehen sich die Stangen A C und B D. Diese Stangen (welche eigentlich Bügel sind, die die Lager A, B, C, D umschließen, wie aus der Figur in allen Einzelnheiten zu ersehen ist, ohne daß eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Stücke nothwendig seyn sollte) sind von derselben Länge und ihre Enden C, D sind durch horizontale Stangen a b, die sich um Bolzen C C und D D drehen können, mit einander verbunden, so daß das Ganze von der Seite gesehen, die Gestalt eines Parallelogrammes hat, dessen Seiten sich in allen vier Eckpunkten drehen können.

An die Mitte des vordersten Querbolzens C C ist der Kopf der Stange G G, die abwechselnd geradlinig bewegt wird, geschlossen. Die Enden des hintersten

Querbolzens D D treten ein wenig aus den Bügeln B D hervor und an denselben drehen sich die hintern Enden zweier Zugstangen D E, deren Vorderenden sich um zwei feste Bolzen (die an einer Decke oder an einem unbeweglichen Theile der Maschine befestigt sind) E E drehen. Auf diese Weise wird die Stange G G sich vollkommen in einer vertikalen Richtung bewegen können, und den Hebel abwechselnd drehen, ohne aus ihrer Richtung durch die Abweichungen des Endes A des Hebels gebracht zu werden, welches sich nicht in einer vertikalen Richtung, sondern im Kreisbogen c d bewegt; denn die Abweichungen werden verhindert durch die Zugstangen d e, welche die Enden C und D des Parallelogrammes immer soviel vorwärts ziehen werden, als dieselben durch die umdrehende Bewegung des Hebels hinterwärts verschoben werden würden, wenn die Zugstangen nicht vorhanden wären, und das Parallelogramm sich nicht in seinen Winkelpunkten drehen könnte. Bei allem diesen wird indessen vorausgesetzt, daß, wie bei den vorhergehenden Zusammensetzungen Fig. 360 und 361 die Bogen e f und e g, welche vom Punkte A über und unter der Horizontallinie e M beschrieben werden, nicht sehr groß sind und höchstens 16 bis 18°, in einzelnen Fällen, wenn der Balancier A M sehr lang ist, 20° betragen. Diese Beschränkung kann jedoch die Anwendung dieser Zusammensetzung in keinem Falle verhindern.

Wenn die Seiten des Parallelogrammes, d. h. die Länge der Stangen A C = B D und C D = dem Abstande A B gegeben sind, nebst der Länge A M des Hebelarmes, und die Extension der durchlaufenen Bogen e f und e g, so ist es sehr leicht, die Länge der Zugstangen D E nebst dem Orte der festen Drehungspunkte E dieser Stangen zu bestimmen, so daß

sie den vordersten Bolzen C des Parallelogrammes immer in der vertikalen Linie GG halten. Man kann sich auch vorstellen, daß die Länge der Zugstangen nebst den festen Drehungspunkten u. s. w. gegeben sind, und daß die Länge und Breite des Parallelogrammes gefunden werden müssen; da dieses jedoch nicht schwierig ist, wenn man die Aufgabe unter der ersten Voraussetzung auflösen kann, so wird es auch genügend seyn, allein diese letzte Auflösung hier vorzutragen.

Man beschreibe nun aus M Fig. 363 als Mittelpunkt mit der Länge oder mit der proportionalen Länge des Balanciers AM als Halbmesser einen Kreisbogen a'Aa; man ziehe die Tangente d'Ad; man nehme den Bogen Aa = dem Bogen Aa' = der Extension der Bewegung des Endes A und ziehe aM, AM, a'M. Es sey AB = DC der Länge, und AD = BC der Breite des Parallelogrammes; man zeichne dieses Parallelogramm in den drei Ständen ABCD, abcd und a'b'c'd'; man suche den Mittelpunkt E des Kreises, welcher durch die drei Punkte c, C, und c' läuft, in welchen die hintere Ecke des Parallelogrammes in den drei angegebenen Ständen sich befindet. Dieser Mittelpunkt E wird die Stelle des festen Drehungspunktes angeben, während der Halbmesser EC = Ec = Ec' die Länge der Zugstange seyn wird.

Anmerk. Um ein gutes Resultat zu bekommen, nehme man AB = $\frac{1}{2}$ AM und AD = beinahe $\frac{5}{8}$ AB, so wird die Zugstange beinahe AB gleich seyn und der Punkt E sich dann in der Richtung der vertikalen Linie AD befinden. Man ist jedoch an diese Bestimmungen nicht gebunden; die Umstände der Oertlichkeit der Theile der Maschine gebieten manchmal, von denselben abzuweichen; jedoch wird es immer gut seyn, nachdem man die Construction vollendet hat, das Parallelogramm mit

dem Balancier noch in einigen Zwischenständen zu zeichnen, damit man sich überzeuge, daß der vorderste Punkt D sich immer in der vertikalen Linie A D d oder beinahe in dieser Linie befindet. Denn streng genommen, beschreibt der Punkt D eine krumme Linie, welche zwar mit einer geraden Linie auf die kleine Extension der Bewegung beinahe zusammen fällt, jedoch auch, wenn die Länge und Breite des Parallelogrammes anders genommen wären, hier und da zu viel von der geraden Linie abweichen könnte. In diesem Falle gebe man dem Parallelogramm eine andere Länge und Breite, oder dem Hebel eine kleinere Bewegung, und wiederhole dann die Construction, bis daß man nach einigen Versuchen einen solchen Ort für den Punkt E, und eine solche Länge für die Zugstangen findet, wie sie für den verlangten Effect erforderlich sind.

52) Anmerk. Die drei beschriebenen Zusammensetzungen und besonders die letzte, werden in sehr vielen Maschinen angewendet, wie z. B. um die Stangen der Pumpenkolben zu bewegen, und ausschließlich in den Dampfmaschinen, um die Bewegung des Dampfkolbens, dessen Stange so viel wie möglich vertikal auf- und niedergehen muß, mittelst der abwechselnden Umdrehung eines Balanciers auf Maschinen fortzupflanzen, welche durch den Dampf getrieben werden sollen.

Der Nutzen der genannten Zusammensetzungen besteht hauptsächlich darin, daß man keine Hülsen, Leitungsstücke u. s. w. braucht, um eine vollkommene geradlinige Bewegung der Stange G G zu bekommen, und daß auf diese Weise auch die seitlichen Reibungen dieser Stange an den genannten Hülsen wegfallen, und also keine Zersplitterung der Kraft verursachen. Dagegen muß bei diesen Zusammensetzungen Reibung überwunden werden der verschiedenen Stangen an ihren Bolzen, der Gegengewichte

(welche die Schwere dieser Stangen äquilibriren) an der Welle des Balanciers u. s. w.; auch wird die abwechselnde Bewegung des Balanciers nicht gleichförmig seyn, wenn diejenige der Stange GG gleichförmig ist, und von dieser Seite hat die wirkende Kraft einen veränderlichen Widerstand zu überwinden; jedoch diese Nachtheile, welche immer noch mit diesen und dergleichen Zusammensetzungen verbunden bleiben, sind viel geringer, als die eben genannten Vortheile, und diese Zusammensetzungen sind deshalb von allgemeinerer Anwendung als andere, die man nur in besondern Fällen ausschließlich anwenden kann.

§. III.

Angabe der Mittel, um die abwechselnde kreisförmige Bewegung in eine abwechselnde geradlinige Bewegung zu verändern.

53) A. Die Mittel, welche zur Fortpflanzung der abwechselnden kreisförmigen Bewegung in die abwechselnde geradlinige Bewegung angewendet werden müssen, sind alle unter den hierzu angegebenen Mitteln vorhanden und erfordern deshalb nur eine andere Modification.

Zuerst finden hier alle Mittel statt, welche zur Umwandlung der steten kreisförmigen Bewegung in die stete geradlinige Bewegung angewendet werden können und welche im ersten Kapitel §. II. und III. angegeben sind. Denn wenn man die stete kreisförmige Bewegung in eine abwechselnde umwandeln kann, so kann dieses auch mit der steten geradlinigen Bewegung geschehen (siehe Fig. 40, 41, 43, 48 bis 53, 59, 60 u. s. w.). Mit Hülfe von Räderwerk und noch auf andere Weise verändert man die Richtungen und Geschwindigkeiten der Bewegungen nach Willkühr.

Zweitens. Alle Arten von excentrischen Stücken, durch welche die kreisförmige Bewegung in eine abwechselnd geradlinige Bewegung umgewandelt wird. Kurbeln und andere Mittel, welche im zweiten Kapitel §. III. beschrieben sind, finden hier auf dieselbe Weise Anwendung, wenn man die kreisförmige Bewegung in eine abwechselnde kreisförmige verwandeln will. Auch kann man die abwechselnde kreisförmige Bewegung je nach den Umständen erst in eine geradlinige oder in eine kreisförmige und hernach wieder in eine abwechselnde geradlinige Bewegung verwandeln (siehe §. I. und III. Kap. §. II.).

Endlich können die meisten der in den zwei vorhergehenden Paragraphen angegebenen Mittel auch für den gegenwärtigen Zweck benutzt werden. Auf diese Weise sind die abgeleiteten geradlinigen Bewegungen Fig. 345, 346 und 347 mit Hülfe abwechselnder kreisförmiger Bewegungen entstanden, weshalb diese letzte durch dieselben Mittel sogleich in eine abwechselnde geradlinige Bewegung umgewandelt werden kann. Dieses wird vollbracht durch die in Fig. 349 bis 362 angegebenen Mittel.

B. Die abwechselnde Bewegung einer Säge in der Richtung von A nach B und von B nach A Fig. 351 wird sehr zweckmäßig mitgetheilt durch die abwechselnde Umdrehung des Baumes CD um seinen Drehungspunkt S. Den richtigen Auf- und Niedergang der Pumpenkolben erlangt man aus der abwechselnden Bewegung von Balanciers, Hebeln oder Pendeln, die sich um einen festen Punkt abwechselnd drehen (Fig. 354, 354 Nr. 2 bis 362).

Fig. 354 Nr. 2 zeigt, wie die abwechselnde Umdrehung des Baumes AB die Stangen oder Zahnstangen CD und EF abwechselnd auf und nieder, oder hin und her sich bewegen läßt. Für diesen Zweck ist der Baum AB fest verbunden mit der Welle des Rades, oder des Getriebes R, das

man auch wie in Fig. 359 durch einen Kranz mit doppelten Riemen oder Scharnierketten ersetzen kann. In den doppelten Luftpumpen werden beide Kolben auf die angegebene Weise bewegt. Bei anderen Maschinen, welche eine auf- und niedergehende Bewegung haben müssen, so wie die gewöhnlichen und cylindrischen Gebläse u. s. w. können dieselben Mittel auf dieselbe Weise angewendet werden.

§. IV.

Angabe der Mittel, um die abwechselnde kreisförmige Bewegung in eine andere abwechselnd kreisförmige Bewegung zu verwandeln.

54) A. Auch für diesen Fall sind die bestehenden Mittel bereits unter den beschriebenen genannt. Unmittelbar theilt man einem Körper eine abwechselnde kreisförmige Bewegung mit durch einen Hebel, durch einen Balancier oder durch eine Scheibe; denn während der eine Arm oder der eine Theil bewegt wird, wird auch der andere Arm, oder werden auch die anderen Arme und Theile, welche an jener Seite des Drehungspunktes liegen, ebenfalls eine abwechselnde kreisförmige Bewegung empfangen. Mit jedem Körper, welcher mit dem Hebel oder mit der Scheibe verbunden wird, verhält es sich eben so.

Zum andern können hier alle Mittel angewendet werden, welche Kap. I. §. IV. für die Fortpflanzung der kreisförmigen Bewegung angegeben sind. Für die rechtwinklige und schiefwinklige Fortpflanzung kann besonders das einfache Mittel Fig. 101 dienen. Viele der Mittel, welche man anwendet, um die kreisförmige Bewegung in eine abwechselnd kreisförmige Bewegung zu verwandeln, können auch für den gegenwärtigen Fall benutzt werden (siehe II. Kap. §. IV.).

Endlich kann man die abwechselnde kreisförmige Bewegung erst in eine geradlinige oder abwechselnd geradlinige Bewegung verwandeln, und eine dieser Bewegungen alsdann wieder in eine abwechselnde kreisförmige Bewegung.

B. AB Fig. 364 stellt ein Sieb dar, welches sich um zwei Zapfen a und b drehen kann, jedoch durch die Latten e und f u. s. w., die auf jeder Seite desselben befindlich sind, gehindert wird, eine ganze Umdrehung zu vollenden. An einem der Zapfen a oder b ist außerhalb des entsprechenden Unterstützungspunktes ein Pendel CbD angebracht. Wenn nun dieses Pendel in abwechselnde Drehung versetzt wird, so theilt es dem Siebe unmittelbar eine abwechselnde drehende Bewegung mit. Das Sieb wird jedesmal an die Latten ef u. s. w. gestoßen, und gewährt in Folge dieses Stoßes den verlangten Effect.

Man kann viele Siebe auf diese Weise zugleich bewegen, jedoch wird man sich in den meisten Fällen der gewöhnlichen hängenden Siebe (welche durch eine kreisförmige Bewegung eher abwechselnd geradlinig, als abwechselnd kreisförmig bewegt wernen) mit größerem Vortheil bedienen, und manchmal werden diese wiederum eine nicht so gute Wirkung gewähren, als die cylindrischen Siebe, oder als die sogenannten Tonnensiebe, welche anhaltend kreisförmig bewegt werden.

Die Spindel einer gewöhnlichen Schraubenschneidebank, auch wohl die einer gewöhnlichen Drehbank wird abwechselnd gedreht mittelst eines Trittbretes CD Fig. 365, von dessen Ende C eine Schnur Cabcd einmal um die Spindel A läuft, und hernach an das Ende B einer Wippe oder eines elastischen Stückes Holz BE. Hierdurch wird nun die Spindel genöthigt, sich erst nach rechts zu drehen, wenn das Fußbret niedergedrückt wird; die Stange

BE folgt dieser Bewegung, doch tritt sie augenblicklich wieder zurück, sobald das Fußbret CD nicht mehr gedrückt wird, und nöthigt auf diese Weise die Spindel, sich nach links zurückzudrehen.

Statt einer elastischen Stange kann man sich eines kleinen Schwungrades V Fig. 366 bedienen; denn wenn die Schnur abcd erst um die Spindel A geschlagen ist, alsdann mit einer Kurbel oder mit einem Stifte am Umfange des Schwungrades in Verbindung gesetzt wird, und wenn hierauf das Fußbret angedrückt wird, so wird sich das Schwungrad in Folge der Trägheit umdrehen und während der einen Hälfte seiner Bewegung die Schnur df niederziehen. Dadurch dreht sich auch die Spindel A und das Trittbret CD wird emporgezogen. Wird das Trittbret niedergedrückt, so läuft die Spindel A anders herum, die Schnur df wird emporgezogen und die Bewegung des Schwungrades aufs Neue beleben u. s. w. Die kreisförmige Bewegung der Welle des Schwungrades kann man sich außerdem noch für den einen, oder für den andern Zweck zu Nutze machen.

Fünftes Kapitel.

Angabe einiger Hauptregeln, welche bei der Zusammensetzung und Einrichtung von Werkzeugen so viel wie möglich beobachtet werden müssen.

55) Eine Maschine wird um so vollkommener seyn, je größer der Theil der vorhandenen Bewegkraft ist, welcher auf eine nützliche Weise zur Verrichtung der eigentlichen Arbeit oder zur Bewegung

der vorhandenen Last verwendet wird. Die größere Vollendung hängt ab:

1) Von der bessern Verbindung und Wirkungsart der bewegenden Kraft;

2) von der bessern mechanischen Einrichtung der Maschine selbst;

3) von der vollkommnern geschwinden und anhaltenden Art, mit welcher die Maschine ihre Wirkung thut, oder mit welcher eine Last, von welcher Beschaffenheit sie auch sey, bewegt wird.

Um diese größere Vollkommenheit zu erreichen, muß man so viel wie möglich dahin streben, bei der Einrichtung oder Zusammensetzung einer Maschine die Hauptregeln zu befolgen, welche hier angegeben werden sollen, wiewohl nur auf eine allgemeine Weise, da die Umstände der Oertlichkeit des Zweckes und der Hülfsmittel eben so viele Ursachen abgeben können, um von diesen Regeln abzuweichen.

§. I.

Regeln und Bemerkungen über die Anwendung einer bewegenden Kraft zur Bewegung einer Maschine.

56) Die Regelmäßigkeit der Bewegung muß in jeder Maschine ein Haupterforderniß seyn; denn eine unregelmäßige Bewegung giebt auch eine unregelmäßige und unvollkommne Wirkung, oder kann einen beträchtlichen Verlust an Kraft verursachen. Ist die Maschine gehörig eingerichtet und bietet die Last einen gleichförmigen Widerstand dar, so muß zur Erreichung des vorerwähnten Zweckes

a) die bewegende Kraft sowohl hinsichtlich ihrer Beschaffenheit, als ihrer Anwendung nach eine gleichförmige Wirkung haben. In wiefern dieses mit den vorhan-

denen bewegenden Kräften erreicht werden kann, soll erst im folgenden Theile dieses Werkes entwickelt werden. Es genüge deshalb hier die Bemerkung, daß die meisten bewegenden Kräfte nicht immer eine hinlänglich regelmäßige Bewegung gewähren können, und daß man deshalb diese Regelmäßigkeit meistentheils durch die besondern Mittel erlangen muß, durch welche man die Kraft auf die Maschine wirken läßt, und außerdem auch noch durch verschiedene andere mechanische Mittel. Von letztern liefern die konischen Pendel, die Schwungräder u. s. w. ein Beispiel.

b) Obschon eine bewegende Kraft auf eine regelmäßige Weise wirken kann, so kann jedoch diese Wirkung in sofern ungleichmäßig seyn, daß bei der Mittheilung der Bewegung Stöße stattfinden, die, wenn auch regelmäßig auf einander folgend, dennoch häufig nachtheilig sind, und deshalb so viel wie möglich vermieden werden müssen. Solche Stöße finden z. B. statt in Maschinen, welche durch Pferde getrieben werden. Die Mittheilung der Bewegung geschieht in diesen Maschinen selten ohne Rucke, und wenn sie auch auf einander fast bei jedem Tritt der Pferde regelmäßig folgen, so muß man dennoch bemüht seyn, diesen Uebelstand so viel wie möglich zu beseitigen. Damit dergleichen Stöße keinen Einfluß haben können auf die Vollkommenheit des Effectes, so kann man mit der Maschine elastische Körper verbinden, auf welchen die Stöße vernichtet werden; — eine passende Wahl der Stoffe, aus denen die Theile der Maschine bestehen sollen, kann hierzu auch viel beitragen; — Gegengewichte und fernere zweckmäßige Mittel leisten in vielen Fällen auch sehr gute Dienste.

Man untersuche auch die fragliche Wirkung sorgfältig; denn sie kann von der Art seyn, daß die durch die bewegende Kraft mitgetheilten Stöße kei-

nen Nachtheil verursachen können, in welchem Falle die oben genannte Vorsorge bei der Einrichtung der Maschine nicht erforderlich ist.

In andern Fällen kann eine dergleichen Einrichtung so unvollkommen seyn, um dem Zwecke zu entsprechen, und man muß eine andere Art von bewegender Kraft anwenden. Endlich kann die Art der Arbeit die Ursache der ungleichförmigen Wirkung der bewegenden Kraft seyn (wie z. B. bei Rammmaschinen, welche durch Pferdekraft in Bewegung gesetzt werden, bei Stampfwerken u. s. w.); alsdann muß man auch durch die besondere Einrichtung der Maschine dergleichen Unregelmäßigkeiten zu beseitigen bemüht seyn.

c) Wenn die ursprüngliche Bewegung, welche der Maschine durch die Kraft mitgetheilt wurde, eine abwechselnde Bewegung ist, und deshalb die Kraft nicht anhaltend in derselben Richtung wirkt, sondern jedesmal die Richtung verändert, so müssen die Veränderungen der Richtung der Bewegung sanft und unmerklich seyn; denn durch eine plötzliche Veränderung dieser Richtung wird die Kraft einen beträchtlichen Verlust erleiden und in Folge desselben keine gleichförmige Bewegung in der Maschine bestehen können. Die abwechselnde Bewegung eines Hebels, eines Balanciers, eines Schwengels u. s. w., welche durch einen Arbeiter erzeugt wird, der auf das Werkzeug seine Kraft ausübt, kann hier zum Belege dienen. Bei der Anwendung der Dampfkraft findet eine ähnliche abwechselnde Wirkung statt.

Damit die Veränderung der Richtung der Bewegung unmerklich stattfinde, muß man, wenn die Art der bewegenden Kraft dieses zuläßt, ihr Vermögen gegen das Ende jeder Bewegung in einer Richtung in geringerm Maaße wirksam seyn lassen, so daß dasselbe bei der Veränderung der Richtung der

Bewegung beinahe kein Uebermaaß besitzt, um der Maschine Geschwindigkeit mitzutheilen. Bei Verminderung der Größe dieses Kraftvermögens bleiben die Theile wegen der Trägheit in derselben Bewegung beharrend, und der regelmäßige Gang der Maschine wird also nicht gestört werden. Mechanische Mittel können oder müssen diese verlangte Wirkung häufig herstellen helfen, wie z. B. eine starke Feder, welche den Stoß eines Hebels auffängt und die Rückkehr desselben befördert, — ein Schwungrad, welches durch die Unterhaltung einer kreisförmigen Bewegung zugleich die abwechselnde Bewegung, aus welcher diese kreisförmige Bewegung entstanden ist, mit größerer Leichtigkeit bestehen läßt u. s. w.

d) Die bewegende Kraft muß also ein gewisses Uebermaaß über die absolute Kraft besitzen, welche zur Bewegung der Last mit der zweckmäßigen Geschwindigkeit erfordert wird, weil immer Widerstände bei der Bewegung einer Maschine vorhanden sind, die man nicht in Rechnung, oder nur auf eine mangelhafte Weise hat bringen können. Dieses Uebermaaß der Kraft sey jedoch so gering wie möglich, da ein beträchtlicher Ueberschuß nur Verlust oder Verschwendung der Kraft ist, oder einen zu großen Anwachs in der Geschwindigkeit der Bewegung der arbeitenden Theile zur Folge haben kann.

57) Das vorhandene Vermögen einer bewegenden Kraft muß man immer so viel wie möglich zu sparen trachten; man muß deshalb eine verlangte Wirkung immer mit der wenigsten Kraft zu erlangen suchen; dadurch wird die Maschine compendiös und man erspart die Ausgaben, welche für die Anwendung der bewegenden Kraft, so wie für die Errichtung und Unterhaltung der Maschine erfordert werden. Aber dabei berück-

sichtige man, daß die bewegende Kraft hinsichtlich des Druckes und der Geschwindigkeit immer so regulirt werden müsse, daß der stattfindende Widerstand durch die Maschine mit der erforderlichen Geschwindigkeit überwunden werde; denn durch die besondere Einrichtung der Maschine kann man zwar an Kraft gewinnen, aber man verliert dabei immer eben so viel an Geschwindigkeit und an Zeit. Hierauf kann man bei der Einrichtung einer Maschine nicht zu viel Rücksicht nehmen. Von dem Widerstande, welcher überwunden werden muß, und von der Geschwindigkeit, womit dieses geschehen muß, pflegt man jederzeit auszugehen. Daraus muß man dann bestimmen, wie die Maschine eingerichtet werden soll, um die vorhandene Bewegkraft zur gehörigen Verrichtung der Arbeit mit der geringsten Kraftverschwendung anzuwenden.

Das Vermögen einer Kraft ergiebt sich aus dem Druck, den sie ausüben, und aus der Geschwindigkeit, welche sie zugleich mittheilen kann; von diesem Vermögen geht immer ein großer Theil (in den meisten Fällen beinahe die Hälfte und mehr) verloren, um die passiven Widerstände der Reibung der Trägheit des Widerstandes der Luft u. s. w. zu überwinden, so daß nur von einem Theil, niemals aber vom ganzen Vermögen für die Leistung des eigentlichen Nutzeffectes Gebrauch gemacht werden kann *). Je grö-

*) Man darf nämlich nach Maaßgabe des §. I. d des Art. 56 von einer Maschine sehr selten das Aeußerste fordern; und wenn auch nicht die halbe Kraft erforderlich ist, um nutzlose Widerstände zu überwinden, man doch recht gut auf die Hälfte und mehr rechnen muß, damit die Kraft immer ein ausreichendes Uebermaaß von Kraft besitze, so daß die Maschine nicht, wie man es zu nennen pflegt, überladen sei.

Digitized by Google

ßer dieser Theil ist, desto vollkommener wird die Maschine seyn.

§. II.

Regeln und Bemerkungen für die gehörige Einrichtung einer Maschine.

58) Eine Maschine muß betrachtet werden als ein Mittel, welches dazu dient, das Vermögen einer bewegenden Kraft zur Leistung eines bestimmten Effectes zu modificiren. Die Maschine ist deshalb nur ein Zwischentheil, welcher erfordert wird, um die von der Kraft mitgetheilte Bewegung auf denjenigen Theil überzutragen, durch welchen der Effect geleistet werden soll. Die Maschine dient zu gleicher Zeit, um die Quantität, die Richtung und die Art der Bewegung des eben genannten Theiles zu erzeugen oder zu reguliren. Endlich besitzt eine Maschine noch Mittel, um die Quantität der Bewegung, welche fortgepflanzt werden soll, zu reguliren und die Unregelmäßigkeiten der Wirkung der Kraft und der Last zu beseitigen oder zu vermindern.

Um durch eine Maschine eine bestimmte Wirkung mit dem geringsten Aufwand an Kraft zu leisten, muß

a) die Maschine die höchst mögliche Einfachheit der Einrichtung besitzen. Es ist hierunter zu verstehen, daß alle Stücke oder Theile, welche als Bestandtheile der Maschine vorkommen, aus dem Vorrathe von Mitteln, welcher in den vorhergehenden Kapiteln enthalten ist, auf eine zweckmäßige Weise gewählt und den Umständen entsprechend, besonders nach dem Gebrauch der Maschine modificirt oder vereinfacht werden müssen. Die Anzahl der Theile sey so gering wie möglich. Die Theile selbst müssen kurz und zusammengedrängt seyn u. s. w. Dieses alles befolge man aus dem

sehr natürlichen Grunde, weil eine zu große Vermehrung der Theile die Summe der Widerstände, der Reibungen, der Abnutzungen u. s. w. ohne allen Nutzen vergrößert, und deshalb durch eine geringere Dauerhaftigkeit der Maschine die Unterhaltung derselben vertheuert. Jedoch muß man die Einfachheit der Einrichtung einer Maschine nicht so weit ausdehnen, daß einige erforderliche Bewegungen entweder mangelhaft, oder im Ganzen nicht von der Maschine geleistet werden; denn alle hauptsächlichen und nöthigen Bewegungen müssen von der Hauptbewegung der Maschine abgeleitet werden. In wenigen Fällen nur erleidet diese Regel eine Ausnahme, wenn man nämlich, ohne Verlust von Zeit und Arbeit, oder ohne an der Genauigkeit des Effectes zu verlieren, die genannten Bewegungen besonders stattfinden lassen kann.

b) Man strebe dahin, die passiven Widerstände so gering wie möglich zu machen:

1) Indem man z. B. die Reibung vermindert und rollende Reibungen an die Stelle der gleitenden Reibungen treten läßt;

2) indem man, ohne die Maschine zu sehr zu beschweren, die längern oder schwerern Hebelarme, oder andere Theile an der andern Seite der Bewegpunkte durch Gegengewichte äquilibrirt. Unregelmäßigkeiten in der Bewegung können dadurch beseitigt werden und die Bewegung mancher überwiegenden Theile wird dadurch in die Ueberwindung einer Reibung verwandelt.

3) Indem man alle Theile mit möglichster mathematischer Genauigkeit verfertigt und ihnen zwar die nöthige, aber in wenigen Fällen eine sehr übermäßige Stärke giebt.

4) Indem man die stattfindenden Stöße auf die bestmöglichste Weise vernichtet, oder den Einfluß

derselben auf die Wirkung der Bewegkraft, oder auf den Effect der Maschine aufhebt.

c) Bei der gegenseitigen Mittheilung der Bewegung der Theile einer Maschine muß der geringste Zeitverlust stattfinden. Dieses muß soviel wie möglich erreicht werden durch eine passende Wahl der Art der Bewegungen, welche in der Maschine stattfinden sollen. Anhaltende oder kreisförmige Bewegungen sind immer die vollkommensten; — bei diesen findet kein Verlust an Zeit und an Kraft statt; ist die Trägheit der Theile einmal überwunden, so besitzen die sich drehenden Theile einer Maschine immer die größte Neigung, in der Bewegung zu beharren, und sie werden über dieses mit den einfachsten mechanischen Mitteln hergestellt. Maschinen, deren Bewegung ganz oder zum größten Theile kreisförmig ist, sind auch dauerhafter, oder haben weniger zu leiden, als solche, in welchen die Bewegungen abwechselnd sind. Man hat es jedoch nicht immer in der Gewalt, die abwechselnden Bewegungen durch stete kreisförmige Bewegungen zu ersetzen; häufig wird man durch die letzten einen bestimmten Zweck nur mangelhaft erreichen; aber darin liegt noch kein Grund dafür, daß man nicht beständig dahin streben müsse, die Veränderungen der Richtungen der Bewegung sanft und unmerkbar, und mit wenig Zeitverlust dadurch eintreten zu lassen, daß man die Geschwindigkeit der Bewegung bei der gedachten Veränderung der Richtung allmählig vermindert u. s. w. (siehe Art. 56). Dieselbe Bemerkung wende man auf den Fall an, wo durch die Art der zu verrichtenden Arbeit Rucke und Stöße stattfinden, die man unmöglich vermeiden kann.

59) Ferner muß man bei der Zusammensetzung einer Maschine darauf bedacht seyn, die Einrichtung so zu reguliren, daß man die Maschine unter voll-

ständiger Controle habe, so daß nach Erforderniß die Bewegung ohne Stöße beschleunigt, verzögert oder ganz gehemmt werden kann. Die hierzu erforderlichen Mittel sind in den vorhergehenden Capiteln angegeben worden. Da, wo eine Maschine am meisten zu leiden hat, muß man die Theile gut versorgen und darauf bedacht seyn, sie gegen eine zu geschwinde Abnutzung zu sichern; denn diese wird eine große Unregelmäßigkeit in der Bewegung zur Folge haben können, und bei wiederholten Reparaturen der Maschine einen beträchtlichen Aufenthalt verursachen. Endlich muß man bei der Einrichtung einer Maschine noch berücksichtigen, ob dieselbe nur für eine kurze Zeit, oder anhaltend Dienste leisten soll, da im erstern Falle eine geringere Sorgfalt in der Zusammensetzung erheischt wird, als im letztern.

§. III.

Regeln, welche bei der Bewegung der Last, oder bei der Art und Weise, wie eine bestimmte Wirkung durch eine Maschine geleistet werden soll, berücksichtigt werden müssen.

60) Damit eine Last, welche durch eine Maschine bewegt wird, oder damit der Effect, den eine Maschine gewährt, den wenigsten und gleichmäßigsten Widerstand darbietet, und damit dann auch die größte Einfachheit und Dauer der Maschine eigenthümlich sind, muß folgenden Hauptbedingungen entsprochen werden:

Während jedes Augenblickes der Bewegung muß der durch die Kraft zu überwindende Widerstand beständig derselbe seyn, wenn nämlich das Vermögen dieser Kraft beständig dasselbe ist. Man muß deshalb die Last in ihrer Bewegung gehörig beobachten und untersuchen, ob obiger Bedingung in jedem

Augenblicke dieser Bewegung entsprochen werde. Muß bei einer anhaltend gleichmäßigen Wirkung der Kraft bald ein größerer, bald ein kleinerer Widerstand überwunden werden, so wird erfordert, daß man durch Anwendung von Gegengewichten, Schwungrädern u. s. w. die stete Gleichheit des Widerstandes herzustellen bemüht sey. Man wird sogar finden, daß durch Vermehrung der Last in diesen Augenblicken der Widerstand kleiner wird, als zu andern Zeiten der Bewegung. Auf diese Weise zieht man zugleich den größten Nutzen aus der bewegenden Kraft. Es würde z. B. einen großen Verlust an Bewegkraft verursachen, wenn man mittelst einer Pumpe beständig Wasser heben müßte und dieselbe so einrichten wollte, daß allein bei dem Emporziehen des Kolbens Wasser gehoben wird; denn wenn die Kraft nicht anhaltend wirkt, wird sie beim Niedergange des Kolbens keinen Nutzeffect gewähren. Um deshalb ohne Anwendung von Gegengewichten u. s. w. der Maschine eine regelmäßige Bewegung zu geben, und um zugleich vom Vermögen der Bewegkraft anhaltend denselben Gebrauch zu machen, muß man in dem erwähnten Fall eine doppelte Pumpe anwenden, durch welche das Wasser sowohl beim Hub, als beim Schub des Kolbens anhaltend gehoben wird.

61) Um mit dem geringsten Kraftaufwande den größten Effect zu erlangen, und um die Dauer der Maschine soviel wie möglich zu befördern, muß man die Stöße, welche bei der Verrichtung einer gewissen Arbeit vorfallen, zu beseitigen suchen und sie durch Druck ersetzen. Viele Bearbeitungen sind auf diese Weise gar sehr verbessert worden. So bearbeitet man z. B. das Eisen in vielen Fällen mit größerem Vortheil zwischen Walzen, als unter dem Hammer. Harte Substanzen, welche auf einen gewissen Grad der

Feinheit gebracht werden müssen, werden auf dieselbe Weise geschwinder und gleichförmiger durch Mühlsteine, durch auf die hohe Kante gestellte Steine, oder zwischen horizontalen cylindrischen Steinen (die mit ungleichen Geschwindigkeiten gegeneinander bewegt werden) fein gemahlen, als dieses durch Stampfmaschinen möglich ist. Man gewinnt auf diese Weise an Kraft und an Effect, und meistentheils wird auch die Einrichtung der Maschine einfacher; aber um diese Verbesserungen ins Werk zu setzen, sind häufig bei einer genauen Erwägung der Qualität der zu verrichtenden Arbeit gut entworfene und gut geleitete Versuche erforderlich, da es nicht immer möglich ist, einen gewissen Effect, welcher durch Stöße vollbracht wird, mit einem bessern, oder eben so gutem Erfolg und (hinsichtlich der nöthigen Kraft, wie auch der Einrichtung der Maschine) auf eine vortheilhaftere Weise durch Druck zu erlangen; wenigstens kann man dieses nicht immer von vorn herein beurtheilen.

Muß eine Wirkung absolut durch den Stoß einiger Theile der Maschine erreicht werden, so sorge man dafür, daß die Stöße so geschwind wie möglich auf einander folgen, und daß die Maschine ferner eine Einrichtung habe, wodurch der Verlust an bewegender Kraft und an Zeit der Leistung so klein wie möglich werde. (Man vergleiche z. B. was hierauf bezüglich über die Einrichtung der Stampfmaschinen im III. §. des II. Capitels bemerkt worden ist.)

62) Da es bei allen Arten von Leistungen, für welche man Maschinen anwendet, vom höchsten Belang ist, daß diese Leistung während jedes Augenblickes der Wirkung in gleichem Maaße und auf eine gleichförmige Weise geschehe, so muß man auch seine Aufmerksamkeit besonders auf die Art der Be-

wegung der Theile richten, welche die genannte Leistung gewähren. Stete Bewegungen und ganz vorzüglich kreisförmige Bewegungen haben bei weitem den Vorzug vor abwechselnden Bewegungen. Mit ersteren allein kann man eine vollkommene regelmäßige Bewegung und Wirkung beinahe erreichen; sie geben auch, wie oben bereits bemerkt worden, keinen Verlust an Kraft und an Zeit der Wirkung, welche letztere bei abwechselnden Bewegungen häufig das Doppelte derjenigen Zeit betragen kann, in welcher derselbe Effect durch eine kreisförmige Bewegung geleistet wird. Sie bieten über dieses in den meisten Fällen Gelegenheit dar, eine Maschine in bedeutendem Grade zu vereinfachen u. s. w. Ueberall, wo dieses nun möglich ist und nach Ausweis von Erfahrungen geschehen kann *), muß man die Ueberwindung der Widerstände, die Bereitung, die Bearbeitung oder die Verfertigung von Stoffen u. s. w. durch stete kreisförmige und keinesweges durch abwechselnde Bewegungen der arbeitenden Theile einer Maschine auszuführen streben.

Durch die Anwendung dieser Regel sind die meisten wichtigen Verbesserungen von Fabrikmaschinen entstanden. Auf diese Weise bearbeitet man die Metalle mit größerer Genauigkeit und Geschwindigkeit zwischen Cylindern, welche sich anhaltend umdrehen, als unter den abwechselnden und jedesmal unterbrochenen Schlägen von Hämmern oder Stampfen. Drehbare oder kreisförmige Scheeren, die man zum Abschneiden oder zur Zerkleinerung der Metallbleche anwendet, gewähren vor den gewöhnlichen Scheeren ähnliche Vortheile. Die kreis-

*) Denn es finden hier auch dieselben Ausnahmen in manchen Fällen statt, welche oben §. II. angeführt sind. Im III. Cap. §. II. ist hiervon ein Beispiel in der Beschreibung der Teigknetemaschinen gegeben worden.

förmigen Mangen sind für eine anhaltende Arbeit auch tauglicher, als die gewöhnlichen hin- und hergehenden Mangen. Mit Sieben, welche sich anhaltend umdrehen, erlangt man in vielen Fällen einen größern und bessern Effect, als mit den gewöhnlichen Schüttelsieben. Statt das Holz mit geradlinig auf- und niedergehenden Sägen zu zerschneiden, die nur in einer Richtung der Bewegung einen Nutzeffect geben, kann man die immer allgemeiner werdenden kreisförmigen Sägen, oder Sägen ohne Ende mit Vortheil anwenden, weil sie anhaltend arbeiten und also einen doppelten Nutzeffect gewähren.

63) Zur Erläuterung des Einen und des Andern, und zum Schlusse des oben Abgehandelten folgt hier eine kurze Beschreibung der letzt genannten Einrichtung, nämlich von der Säge ohne Ende, insofern man dieselbe in großen Werkstätten mit Nutzen gebrauchen kann, obschon sie auch zum Sägen im Großen angewendet werden kann.

Die Säge ohne Ende besteht aus einem ebenen runden stählernen Blatt Z Fig. 367 No. 1, an seinem Umfange mit Zähnen versehen, welche dieselbe Gestalt haben können, wie diejenigen der gewöhnlichen geradlinigen Sägen, während sie auch auf dieselbe Weise gerichtet seyn müssen. Die Säge hat im Mittelpunkte eine runde Oeffnung, aus deren Rand noch besonders zwei viereckige Augen Fig. 367 No. 4 ausgearbeitet sind, damit sie, auf eine Welle gezogen, mit dieser in feste Verbindung gelange, da auf der Welle zwei Rippen sind, welche in die genannten Augen passen. Die Säge wird ferner auf der Welle befestigt zwischen zwei kleinen Scheiben, oder Schraubenmuttern a a Fig. 367 No. 3. Die Säge sitzt am Ende der Welle A B, während auf das andere Ende eine Scheibe C aufgezogen ist. Die Welle läuft unter dem Blatt D E eines

Tisches Fig. 367 No. 1 und 2, in welchem ein Schlitz angebracht ist, um die Säge durchzulassen. So wie die Figur angiebt, hängt die Welle A B in zwei Zapfenlagern unter dem Tischblatt, und die Säge nebst der Scheibe B befinden sich außerhalb dieser Lager, jedoch bringt man dieselben auch zuweilen zwischen diese Lager, aber alsdann sind die Enden der Welle konisch, und die Welle dreht sich also um zwei konische Zapfen.

In der Figur ist vorausgesetzt, daß diese Bewegung abgeleitet werde vom Rade F, welches durch einen oder durch zwei Arbeiter mit Schwengeln in Umdrehung gesetzt wird. Sobald das Rad F umgedreht wird, wird auch die Säge mit großer Geschwindigkeit sich umdrehen, und ihre Wirkung ist dann auch sehr einfach und deutlich, indem man das zu sägende Stück G H nur gegen die Säge zu drücken und fortzuschieben braucht, in dem Maaße, in welchem die Säge das Holz zerschneidet. Das zu zerschneidende Stück bewegt sich auf dem ebenen Tischblatte und an den ebenen Wangen der Säge vorwärts, welche sich auf diese Weise in dem gesägten Schnitte dreht. Um die Bewegung des Holzes nicht zu behindern, liegt deshalb die Welle der Säge unter dem Tische. Man könnte jedoch auch die Welle über dem Tisch in einer solchen Höhe anbringen, daß das zu zerschneidende Holz unter derselben fortgeschoben werden müßte.

Damit die Säge in Folge der geschwinden umdrehenden Bewegung nicht zu stark zittern und aus der Ebene ihrer Bewegung herausschwanken möge, läuft sie noch zwischen zwei Kissen b b Fig. 367 No. 1, 2 und 3, die unter dem Tische angebracht sind, und ohne das Sägeblatt zu klemmen, doch an dasselbe so genau wie möglich anschließen.

Damit die Bewegung des Holzes in derselben Richtung stattfinde, leitet man dasselbe einer vier-

eckigen, vollkommen ebenen Leiste L M entlang, welche durch zwei Scharnierlineale I L, K M mit einer ähnlichen, festen und unbeweglichen Leiste I K verbunden ist. Die Richtung von I K ist der Ebene der Säge so vollkommen, wie nur möglich, parallel, und bei einer gehörigen Construction der Theile wird also auch die parallele Leiste L M mit dieser Richtung parallel laufen. Die letztere Leiste kann auf alle Entfernungen, in welchen man Stücke abzusägen hat, von der Säge entfernt, oder derselben genähert werden, und es dient hierzu ein eingetheilter Maaßstab c d, welcher rechtwinklig auf L M gerichtet ist. Mittelst der Schraube s, welche während der Bewegung von L M in einem kreisförmigen Schlitze läuft, kann die Leiste L M in jeder Stellung unbeweglich fest gestellt werden. Sollte sich der Fall ereignen, daß man das Holz unter bestimmten Winkeln abzusägen hätte, so kann man sich dazu einer Leitungsleiste n o bedienen, welche um den Punkt P sich dreht und mittelst eines eingetheilten halben Kreises e unter alle Winkel gestellt werden kann, während man diese Leitungsleiste alsdann eben so, wie die Leitungsleiste L M auf dem Tische feststellen kann.

Die Säge ohne Ende kann man in allerhand Richtungen arbeiten lassen; sie ist keinesweges darauf beschränkt, sich in einer vertikalen Ebene zu drehen; auch ist es kein nothwendiges Erforderniß, daß sie eben sey, denn giebt man ihr z. B. eine hohle oder kugelrunde Gestalt, so kann sie zum Aussägen des Holzes in die Rundung oder in die Krümmung benutzt werden. Man kann sogar die Zähne rechtwinklig auf die Ebene der Bewegung stellen Fig. 368, und diese Art von Säge am Ende einer Welle, oder an der Spindel einer Drehbank befestigt, kann dazu dienen, aus ebenen Planken runde Scheiben zu schneiden. In diesem letzten Falle ist

die Verfertigung der Sägen auch sehr leicht, da man nur einige Theile von geradlinigen Sägen um den Umfang einer Scheibe zu spannen und zu befestigen braucht.

64) Der große Vortheil, der aus dem Gebrauche von Sägen ohne Ende entsteht, liegt in der ununterbrochenen Wirkung, welche sie ohne den geringsten Verlust an Kraft oder Zeit gewähren, so daß man in derselben Zeit mit derselben Kraft noch einmal soviel Arbeit verrichten kann, als mit den gewöhnlichen geradlinigen Sägen. Andere Vortheile z. B. daß sie niemals gespannt zu werden brauchen, daß sie einen feinen Schnitt im Holze machen u. s. w. sind auch durch Erfahrung bekannt.

Die Sägen ohne Ende erfordern, um gut zu arbeiten, eine geschwinde Bewegung: Man schätzt die Geschwindigkeit dieser Bewegung auf beinahe drei niederländische Ellen am Umfange der Säge. Um diese Geschwindigkeit zu erlangen, muß z. B. eine Säge von 36 niederländischen Zollen Durchmesser 160 Mal in der Minute umlaufen. Ein Arbeiter, welcher am Schwengel des Rades F Fig. 367 arbeitet, übt auf denselben einen Druck von 8 Pfunden mit einer Geschwindigkeit von 0,75 Ellen aus, und nimmt man den mittlern Halbmesser der Kurbel = 15 Zolle, so kann er dieselbe 47,5 Mal in der Minute umdrehen. Damit nun aber die Säge 160 Umgänge in der Minute mache, müssen die Durchmesser der Scheibe C und des Rades F sich zu einander verhalten, wie 1 zu 3,4; nimmt man deshalb eine Scheibe C von 25 Zollen, so muß der Durchmesser des Rades F 85 Zoll betragen.

Aus einigen Beobachtungen scheint sich annehmen zu lassen, daß ein Arbeiter, welcher mit einer Kraft von 6,5 Pfunden eine geradlinige Säge bewegt, mit 0,666 Ellen Geschwindigkeit, in der Zeit von 1 Minute eine Oberfläche von 0,005 Ellen gutem eichenen Holze

durchsägen könne. Während dieser Zeit entwickelt er also eine Quantität der Wirkung = 6,5 × 0,666 × 60 = 260 Pfund 1 Elle hoch gehoben. Mit diesem Vermögen (Quantität der Wirkung) wird er beim Gebrauch einer Säge ohne Ende einen doppelten Effect leisten und also eine Oberfläche von 0,01 Quadratellen durchsägen können. Die Quantität der Wirkung, welche ein Arbeiter an einer Kurbel in 1 Minute ausübt, ist = 8 × 0,75 × 60 = 360 Pfund 1 Elle hoch gehoben, was, wenn $\frac{1}{9}$ für Reibung u. s. w. in Abzug kommt, auf 320 Pfund zu reduciren ist. Im Verhältnisse nun dieser größern Quantität der Wirkung nimmt auch der Effect zu, so daß der Arbeiter, wenn er auf die erwähnte Weise am Rade F arbeitet, in 1 Minute eine Oberfläche von

$$\frac{320 \times 0{,}01}{260} = 0{,}0123 \text{ Quadratellen}$$

sägt; an einer Planke von z. B. 3 Zoll Dicke durchsägt er deshalb in 1 Minute 0,41 Ellen Länge. Wenn also das Rad F durch zwei Arbeiter gedreht wird, so wird eine dreizöllige Planke von drei Ellen Länge in reichlich $3\frac{1}{2}$ Minuten ihrer ganzen Länge nach durchsägt werden. Daraus kann man über den Nutzen des Gebrauches der kreisförmigen Sägen urtheilen.

Digitized by Google

55

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

MAR 12 1929

Digitized by Google

Digitized by Google